Der Farbensinn,

sein Wesen und seine Entwickelung.

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doctorwürde

unter dem Präsidium

des Herrn Professor Dr. C. v. Voit

der medicinischen Facultät

vorgelegt

von

Rudolf Günther,

approb. Arzt aus Dresden, Assistent am med. klin. Institut.

München, 1880.

Kgl. Hof- und Universitäts-Buchdruckerei von Dr. C. Wolf & Sohn.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41554609_0106

Der Farbensinn,

sein Wesen und seine Entwickelung.

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doctorwürde

unter dem Präsidium

des Herrn Professor Dr. C. v. Voit

der medicinischen Facultät

vorgelegt

von

Rudolf Günther,

approb. Arzt aus Dresden, Assistent am med. klin. Institut.

München, 1880.

Kgl. Hof- und Universitäts-Buchdruckerei von Dr. C. Wolf & Sohn.

Seinem hochverehrten Lehrer

Herrn Professor C. von Voit

als geringes Zeichen dankbarer Gesinnung

gewidmet.

Als Einleitung der vorliegenden Abhandlung ergreife ich die Gelegenheit, meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Professor Dr. von Voit nicht nur für die liebenswürdige und eingehende Unterstützung, welche er meiner Arbeit zu Theil werden liess, sondern überhaupt für das Interesse, welches er an meiner bisherigen Entwicklung genommen, sowie für seinen vortrefflichen Rath, welcher meinen Studienplan hauptsächlich geleitet hat, meinen verbindlichsten Dank auszusprechen. —

Der bescheidene Zweck meiner Arbeit ist eine vergleichende Zusammenstellung der hauptsächlichsten in der neuesten Literatur vertretenen Meinungen über den Farbensinn, sein Wesen und seine Entwicklung in möglichst kurzer und prägnanter Form zu geben, um Anderen eine Uebersicht des Ganzen zu erleichtern.

Auf die Details in den Beweisen bin ich so wenig als möglich eingegangen, auch habe ich weniger den kritischen, als vielmehr den summarisch und objektiv vergleichenden Standpunkt zu behaupten gesucht. Wenn trotzdem Theorien, wie die von Wundt und von Hering besonders ausführlich behandelt sind, so scheint mir dies in Anbetracht der vollständig neuen Gesichtspunkte, von denen sie ausgehen, und in Würdigung der eingehenden wissenschaftlichen Begründung von Seiten ihrer Urheber nicht unbillig zu sein. —

Mit dem Worte „Farbensinn“ bezeichnen wir bekanntlich die Fähigkeit des Sehorgans, an den Aetherschwingungen, welche durch Erregung desselben die eigenartige Lichtempfindung hervorrufen, noch weitere qualitative Verschie-

denheiten zu empfinden, welche in den Unterschieden der Wellenlänge gegeben sind. Jedem Erklärungsversuche der Eigenschaften, welche das Sehorgan zu dieser Unterschiedsempfindung befähigen, tritt zunächst das vielbestrittene Problem einer Theorie der Empfindung überhaupt entgegen.

I. Wesen der Empfindung.

Die Frage, ob Empfindung und Bewusstsein ausschliesslich aus materiellen Bewegungsvorgängen in den kleinsten Theilchen derjenigen Organe, an welche sie erfahrungsgemäss gebunden sind, erklärt werden können, oder ob sie als unvermittelte, immaterielle Erscheinungen für uns ganz unfassbar und unerklärlich sind, hat von jeher Philosophen und Naturforscher beschäftigt, ohne bis jetzt eine endgültige Lösung gefunden zu haben.

Die Einen glauben, die Seele wäre zeitlich mit der Materie verbunden und bediene sich der letzteren zu ihren Aeusserungen. In diesem Falle könnte aber dieselbe nur das an der Materie hervorbringen, was der Materie angemessen ist, d. h. nur materielle Vorgänge, und wir könnten auch nur diese letzteren verstehen und begreifen.

Die Anderen, von extremer Richtung des monistischen Materialismus, identificiren die Empfindung mit der Bewegung der ihr zu Grunde liegenden Materie, der grauen Nervensubstanz und umgehen somit die Erklärung des Einen aus dem Andern durch direkte Verschmelzung von Ursache und Wirkung. —

Die Frage, ob für uns überhaupt die Möglichkeit vorliegt, jemals zu einer Kenntniss des Wesens der Empfindung

zu gelangen, wird von zwei Naturforschern, welche die Grenzen der Naturerkenntniss in bekannten Reden behandelt haben, in verschiedenem Sinne beantwortet.

Nach Dubois-Reymond[1]) wird uns das Bewusstsein absolut und ewig unbegreiflich bleiben. Es liegt ebenso ausserhalb der Grenzen unserer Erkenntniss, wie eine Einsicht in das Wesen dessen, was wir Materie und Kraft nennen. Und selbst wenn uns Materie und Kraft bekannt wären, so würden Empfindung und Bewusstsein doch immer noch unerklärlich bleiben, weil sie sich nicht unter das Gesetz von der Erhaltung der Kraft bringen lassen, welches alle uns bekannten materiellen Vorgänge beherrscht. Die mechanische Ursache geht rein auf in ihrer mechanischen Wirkung und für die Empfindung bleibt kein Platz in dem geschlossenen Kreise der latenten und aktiven Kräfte, die sich in einander umsetzen.

Die Unmöglichkeit einer absoluten Erkenntniss der Kraft und Materie, ebenso der Empfindung, wird auch von Nägeli[2]) zugegeben. Derselbe betont jedoch, dass alle unsere Erkenntniss nur eine relative ist, weil wir nur das Endliche und Messbare begreifen können, aber auch alles Endliche, soweit es in den Bereich unserer sinnlichen Wahrnehmung fällt.

Das Zustandekommen der Empfindung aus ihren materiellen Bedingungen ist uns nach ihm nur insofern unverständlich, als wir auch das Zustandekommen materieller, physikalischer Vorgänge nicht begreifen: Wir wissen nicht, was das Wesen der gegenseitigen Anziehung oder Abstossung der Naturkörper ist.

Durch Induktion von den höheren auf die niederen

---

[1]) Ueber die Grenzen des Naturerkennens. Vortrag auf der Naturforscherversammlung zu Leipzig 1872.

[2]) Ueber die Schranken der naturwissenschaftlichen Erkenntniss. Vortrag auf der Naturforscherversammlung zu München 1877.

Thiere, von diesen auf die Pflanzen u. s. f. bis zu den anorganischen Körpern kommt Nägeli dahin, die bewusste Empfindung als eine Eigenschaft nicht nur der Eiweissmoleküle, sondern auch aller übrigen Stoffe zu erklären: Jedes Molekül empfindet die Gegenwart, die Kräfte des andren Moleküls, es empfindet eine Art von Lust, wenn es dem ihm eigenen Bewegungstriebe folgen darf, von Unlust, wenn es zu einer gegentheiligen Bewegung gezwungen ist.

Eine ähnliche Anschauung finden wir bei Wundt[1]) ausgeführt, welcher in dem hypothetisch einfachsten Substanzelement der leblosen Natur, dem Atom, eine bereits vorgebildete „Triebanlage" annimmt, doch sind nach ihm diese Anlagen bewusstlose, unverbundene Triebelemente, die nur unter besonders günstigen Bedingungen zu complicirteren Verbindungen zusammentreten und sich zu bewussten Trieben mit wirklicher Empfindung entwickeln können. —

II. Aeussere Ursache und Wesen der Farbenempfindung.

Um die Farbenempfindung zu erklären hat man als Ausgangspunkte Ursache und Wirkung, die objektive Lichtwelle und die subjektive, bewusste Empfindung. Um die ganze Kette des psychophysischen Processes zu begreifen, welcher der Farbenempfindung zu Grunde liegt, wollen wir zunächst das Anfangsglied und das Endglied feststellen, ehe wir zur Betrachtung der Zwischenglieder übergehen. Die in der Natur vorkommenden und von der Kunst angewendeten Pigmente sind, wie bekannt, nicht reine Farben, und zwar

[1]) Grundzüge der physiologischen Psychologie II. Auflage. Leipzig 1880.

sind sie nicht nur in der Empfindung, sondern auch objektiv als gemischt erkennbar. Als objektiv rein betrachtet die Physik nach Newton die homogenen Spektralfarben; es wäre dies also eine nach den unendlich kleinen Unterschieden der Wellenlänge abgestufte Reihe gleichwerthiger Objekte, welche uns für die meisten Fälle als die äussere Ursache der Farbenempfindung gegeben sind.

Wenn nun die Natur der sogenannten objektiven Farben in den qualitativ verschiedenen physikalischen Lichtwellen als gegeben und bekannt vorauszusetzen ist, so unterliegt doch die Frage nach dem Wesen und dem Werth der subjektiven Farbenempfindungen, wie sie im Bewusstsein gegeben sind, noch Meinungsverschiedenheiten. So wollen wir uns zunächst mit der Frage beschäftigen, ob man berechtigt ist, sogenannte „Grundfarben," d. h. eine geringere Anzahl einfacher Empfindungen, oder auch nur eine geringere Anzahl verschiedene Empfindungen bedingender Bewegungsvorgänge anzunehmen, aus denen sich dann die anderen Farbenempfindungen zusammensetzen, oder ob alle Farben in der Empfindung gleichen Werth haben.

Bekanntlich nimmt die bisher allgemein acceptirte Farbentheorie von Young drei solcher Grundfarben an. Die neueren Theorien wollen entweder von Grundfarben gar nichts wissen, oder sie verwerfen die Young'schen Grundfarben um andere dafür aufzustellen. Zu denen, welche die Grundfarben verwerfen gehört z. B. Krenchel.[1]) Derselbe hält die Hypothese von Grundfarben nicht für nothwendig und darum auch nicht für erlaubt. Man habe durch dieselbe nur die Schwierigkeit beseitigen wollen, gemäss dem Gesetz der spezifischen Energieen für jede Spezialfarbe ein eigenes Hirntheilchen nebst dazu gehöriger Nervenfaser an-

[1]) Ueber die Hypothesen von Grundfarben. Graefes Archiv XXVI. 1.

zunehmen und sei durch die Thatsache der Mischbarkeit der objektiven Farben in dem Glauben an die Existenz von Grundempfindungen bestärkt worden. Wenn man jedoch die verschiedenen Farbenempfindungen auf die verschiedenen Bewegungen eines allseitig beweglich gelagerten Hirnmoleküls zurückführe, seien die oben erwähnten Schwierigkeiten auf einfachere und bessere Weise beseitigt.

Auch Wundt sieht aus später zu entwickelnden Motiven von der Annahme bestimmter Grundempfindungen ab und fasst alle Farbenempfindungen als principiell gleichwerthige Grössen auf, die nur durch ihre Beziehungen zu einander und durch gewisse Prioritäten, die einige von ihnen in der entwicklungsgeschichtlichen Anpassung der Empfindungselemente an sie voraus haben, so erscheinen, als ob sie aus einfachen und gemischten bestünden.

Die ganz eigenartige Theorie von Delboeuf,[1]) welcher in der Netzhaut eine Membran sieht, die für gewöhnlich für einen bestimmten mittleren Schwingungstone, der Empfindung „Grün" entsprechend, gestimmt ist, und bei Einwirkung von Wellen grösserer oder kleinerer Schwingungszahl sich entweder anspannt oder entspannt, wodurch verschiedene Farbenempfindungen ausgelöst werden, ist ebenfalls von Grundempfindungen unabhängig, sie müsste denn die grüne Normalempfindung als solche betrachten.

Nächst der schon erwähnten Schwierigkeit, für jede Spektralfarbe einen eigenen Perceptions- und Leitungsapparat anzunehmen, mag wohl die Erwägung, dass die Lichtwellen den Empfindungen, die sie auslösen, in ihrem Wesen so wenig entsprechen, dass z. B. einfache, homogene Spektralfarben uns gemischt erscheinen, während Mischungen derselben einfach empfunden werden können, mit am meisten

[1]) Du Daltonisme. Etude critique p. Dr. Moeller, Bruxelles 1879.

zur Einbürgerung der Idee von Grundfarben beigetragen haben.

Wir wollen nun diejenigen Theorien, welche Grundfarben aufstellen, hinsichtlich der letzteren kurz betrachten.

Young und nach ihm Helmholtz nehmen deswegen gerade drei Grundfarben an, weil „drei" die durch das Mischungsgesetz bestimmte kleinste mögliche Zahl ist. Die Wahl der drei Farben bleibt der Willkür in ziemlich weiten Grenzen überlassen. Helmholtz hat Roth, Grün und Violett gewählt, Fick[1]) zieht Roth, Grün und Blau vor, weil in dieser, schon ursprünglich von Newton aufgestellten Combination eine grössere Gleichheit der Unterschiede herrsche. Nach Wundt ist die Wahl von Roth, Grün und Blau durch den Wunsch beeinflusst gewesen, die Grundfarben mit den später zu erörternden Hauptfarben der Empfindung in Einklang zu bringen. Uebrigens bleiben uns die eigentlichen hypothetischen Grundfarben ganz unbekannt, weil nach Young-Helmholtz jedes Mal alle drei spezifischen Elemente, deren Thätigkeit die Empfindung je einer Grundfarbe auslösen soll, erregt werden. Die Grundfarben der Young'schen Theorie sind demnach nicht eigentliche Grundempfindungen. Wenn man, wie z. B. Fick es thut, ein Hervorgehen der bewussten Farbenempfindung aus unbewussten „Elementarempfindungen" annimmt, so kann man wohl unter letzteren nur Bewegungsvorgänge im Empfindungsorgan, die nur in ihrem Zusammenwirken, nicht aber einzeln eine bewusste Empfindung auslösen, verstehen.

Die Gegner der Dreifarbentheorie, unter ihnen auch Wundt, protestiren gegen die Uebertragung des objektiven Mischungsgesetzes auf die Farbenempfindung; eine Erklärung des ersteren aus der letzteren wurde dadurch umgangen.

---

[1]) Handbuch der Physiologie. Herausg. von Hermann, III. B. 1. Th. Leipzig 1879.

Lederer[1]) kommt auf Grund rein physikalischer Betrachtungen über die Schwingungsmodulen der Stäbchen und Zapfen zur Annahme von vier Grundfarben; nämlich Roth und Blaugrün, den Schwingungen der Zapfen, Gelbgrün und Violett, den Schwingungen der Stäbchen, beider in Grund- und Oberrhythmus entsprechend. Durch Combination dieser vier Rhythmen werden die Thatsachen der Mischung erklärt. Das Ganze ist also eine Complicirung der Young-Helmholtz'schen Theorie, hervorgegangen aus dem Bestreben, eine Analogie der Gesichts- mit den Gehörsempfindungen herzustellen. Schwere Bedenken, die einer solchen Theorie gegenüberstehen, werden wir später noch gelegentlich erwähnen.

Im Gegensatz zu allen Uebertragungen objektiver Mischungsthatsachen auf die Empfindung gehen Andere rein von der inneren Anschauung aus, und suchen die unendliche Mannichfaltigkeit der farbigen Empfindungen auf wenige psychische Empfindungseinheiten zu reduciren. Aus diesen bewussten Grundempfindungen setzt sich dann der ganze geschlossene Empfindungskreis zusammen.

Schon von Alters her hatte die Selbstbeobachtung zur Hervorhebung der sogenannten einfachen Farben geführt, als welche Leonardo da Vinci Roth, Grün, Gelb und Blau bezeichnet. Mit Weiss und Schwarz haben wir dann sechs Hauptfarben, und im Allgemeinen werden nur diese vom Volksgeiste als wirkliche Farben anerkannt. Aubert[1]) stellte nun diese Hauptfarben als psychische Principalempfindungen den drei Grundempfindungen der Young-Helmholtz'schen Theorie gegenüber und nahm an, dass letztere

[1]) Zur Mechanik der Farbenwahrnehmung. Kosmos B. IV. Jhrg. 1878—79.

[1]) Physiologie der Netzhaut. Breslau 1864. Gegenwärtig (Physiolog. Optik) schliesst sich Aubert der Hering'schen Theorie an.

in einem weiteren Verlaufe der Umwandlung durch Eingreifen der psychischen Thätigkeit in erstere umgewandelt würden. Mach fasste die Hauptfarben auch als wirkliche Grundempfindungen auf, doch mit Ausnahme des Schwarz, dem er keine eigene Empfindungsqualität zuerkennt, weil es vom Weiss nur quantitativ verschieden sei, als eine unendlich kleine Weissempfindung.

Eine auf dem Wege der Selbstbeobachtung durchgeführte Analyse der farbigen Empfindungsreihen veranlasst Hering[2]) Grün, Roth, Blau und Gelb deshalb als Grundfarben aufzustellen, weil sie ohne jeden Beigeschmack einer anderen Farbe empfunden werden können. Dabei wird darauf aufmerksam gemacht, dass das reine Roth nicht dem Spektralroth entspricht, weil dieses durchweg noch eine Beimischung von Gelb erkennen lasse. Zu den vier farbigen Grundempfindungen kommen noch die mit diesen sowohl, wie unter sich in enger Beziehung stehenden zwei farblosen, Weiss und Schwarz. Mit grosser Entschiedenheit und gestützt auf verschiedene Thatsachen der Contrastempfindung tritt Hering dafür ein, dass dem Schwarz eine eigene Qualität der Empfindung beizumessen sei. Schon vor Hering sprach Czermak[1]) den Gedanken aus, dass die Sehsinnsubstanz bei Mangel der äusseren Erregung sich nicht wohl in reiner Passivität befinden könne, weil dieser Zustand mit einer positiven Empfindung von bestimmter Qualität verknüpft sei. — Auch die Alten und mit ihnen Goethe in seiner Farbenlehre fassten Weiss und Schwarz als qualitativ verschieden auf, doch aus Gründen, die, als mit physikalischen Thatsachen in Conflikt, späterhin unhaltbar erschienen. Die Erfahrung, dass die Schwarzempfindung durch Abwesen-

---

[2]) Zur Lehre vom Lichtsinn. Wien 1878.

[1]) Ueber Schopenhauer's Theorie der Farbe. Sitzb. d. k. Akad. d. Wissensch. II. Abth. Jhrg. 1870. Juliheft.

heit objektiver Lichtwellen bedingt ist, liess die Annahme einer nur quantitativen Verschiedenheit von Schwarz und Weiss bald als die einzig berechtigte gelten. Gegenüber dem physikalischen Standpunkte behauptet nun Hering den physiologischen, indem er darlegt, wie auch ohne direkten physikalischen Reiz als Folge vorausgegangener Erregung oder Erregung benachbarter Empfindungselemente der physiologische Prozess sich abspielen könne, welcher zur Empfindung führt.

Die Grundlage der Hering'schen Theorie, bestehend in der Voraussetzung der sechs Hauptfarben als allein einfacher, bewusster Grundempfindungen sucht Wundt[1]) dadurch zu untergraben, dass er sowohl die Priorität als auch die Einfachheit der Hauptfarben nur für ihre sprachlichen Bezeichungen, nicht aber für die Empfindungen gelten lassen will: Die Bezeichnungen Roth und Grün seien ebenso gut einem Vergleichsobjekt entnommen, wie Orange und Violett, nur bedeutend früher als letztere, weshalb sie uns als ursprüngliche und einfache erscheinen. Durch die in der Gewohnheit befestigte Auffassung der zuerst benannten Farben als der einfachen, sei auch ihre scheinbar absolute Lage im Spektrum bestimmt worden, die thatsächlich eine Sache nur willkürlicher Uebereinkunft sei. — Auffallend ist jedoch bei alledem, dass sich bei den meisten Völkern aller Culturzustände, soweit dies ihre sprachliche Entwicklung eruiren lässt, ganz dieselben Hauptfarben finden; ferner, dass diese Hauptfarben nicht nur im Spektrum, sondern noch viel mehr in der Empfindung gleich weit aus einander liegen, gewissermassen fast normirte Stationen bilden. —

[1]) Grundzüge der physiologischen Psychologie. 2. Aufl. Leipzig 1880.

III. Die zwischen der äusseren Ursache und der Farbenempfindung eingeschlossenen psychophysischen Processe.

Als Ausgangspunkte unserer Betrachtung über das Wesen der Farbenempfindung haben wir die äusseren Ursachen derselben und die im Bewusstsein gegebenen Empfindungen besprochen. Dabei ergab sich, dass die Ansichten über das Wesen und den Werth der letzteren noch getheilt sind. Auf dem weiteren Wege der Forschung nach den die Farbenempfindung vermittelnden psychophysischen Processen, welche sich von der Netzhaut bis zum Centralorgan abspielen, gerathen wir in noch viel schwankendere Gebiete. Die Beweisführung der verschiedenen Theorien wird um so mehr erschwert, als die sowohl der Zahl als dem Werthe nach unbedeutenden Thatsachen, welche dem weiteren Ausbau zu Grunde liegen, ganz verschwinden unter der grossen Menge von Hypothesen, die zu ihrer Verbindung dienen.

Eine in der betreffenden Literatur viel diskutirte Frage ist die, ob dem psychophysischen Process in den Organen, welche die Empfindung vermitteln, eine mehr physikalische oder eine wesentlich chemische Natur zu eigen, d. h. ob mit der molekularen Bewegung auch durchweg eine Aenderung der molekularen Zusammensetzung verbunden ist.

Es handelt sich hier zunächst um die Vorgänge in der Netzhaut, und wollen wir nun diejenigen Theorien näher erörtern, welche eine durch den Anstoss der Aetherwellen bedingte rein physikalische Mitbewegung der Netzhautelemente annehmen. So lässt Delboeuf die Netzhaut als schwingende Membran sich unmittelbar den Aetherschwingungen anpassen, so dass sie bei kleinen Wellenlängen des Lichtes in schnellerem, bei grossen in langsamerem Tempo mitschwingt. Ob nun die gesammte Retina oder vielleicht nur die Stäbchen- und Zapfenschicht an diesen Schwingungen Theil nehmen, bleibt dahin gestellt.

Ebenfalls direkte Uebertragung der Aetherschwingungen

auf die Netzhaut nimmt Lederer an. Die verschiedene Dicke der Stäbchen und Zapfen, die Lederer mikrometrisch berechnet hat, wird hier benutzt, um daraus eine verschiedene Anpassungsfähigkeit an die Lichtschwingungen abzuleiten; die dickeren Zapfen schwingen nur bei langsamen, den rothen, die dünneren Stäbchen bei schnelleren, den gelbgrünen Wellen mit. Um nun die übrigen Farbenempfindungen zu erklären, wird noch der Schwingungsrhythmus zu Hülfe genommen, welcher auch gleichzeitig die Contrastphänomene, als durch eine Art Mitklingen oder Nachklingen bedingt, zu verantworten hat. Der Oberrhythmus der Zapfenschwingungen muss demnach die blaugrüne, jener der Stäbchenschwingungen die violette Empfindung geben. Durch Superposition beider Rhythmen entweder in den Stäbchen oder in den Zapfen oder in beiden zugleich entsteht die Empfindung Weiss; beide Grundrhythmen allein geben die gelbe, beide Oberrhythmen die blaue Empfindung. — Es soll also durch verschiedene Processe und in verschiedenen Endorganen die gleiche Empfindung Weiss ausgelöst werden können, während anerkannt einfache Empfindungen, wie Gelb und Blau, von complicirten Combinationen abhängig gemacht werden. Gegen die Voraussetzung beider Theorien, sowohl der Delboeuf'schen als der von Lederer, dass direkte Uebertragung der Aetherschwingungen auf wägbare Materie stattfinden könne, wendet Kühne[1]) ein, dass es zum Mindesten bedenklich sei, eine Umsetzung der so überaus schnellen Aetherschwingungen in die bedeutend langsameren Molekularschwingungen anzunehmen. Lederer führt zu Gunsten seiner Ansicht die durch Sonnenstrahlen veranlasste Wärmebewegung an. — Auch das neuerdings von Bell konstruirte Photophon könnte man zu Gunsten der Umsetz-

[1]) Handbuch der Physiologie von Hermann. Bd. III. Th. 1. (Ph. Optik) Abschn. III.

ung herbeiziehen, indem dasselbe den direkten Beweis zu liefern scheint, dass in besonders empfindlich reagirenden Substanzen sogar Tonschwingungen durch Lichtwellen hervorgebracht werden können. Freilich darf man dabei nicht übersehen, dass nur in bestimmten Perioden intermittirende Lichterregungen einen solchen Effekt haben, und dass gerade bei den Lichtwellen für gewöhnlich keine solche Intermissionen vorkommen.

Während nun Lederer durch seine Theorie eine Analogie der die Farbenempfindung bedingenden Processe mit denen der Tonempfindung herstellen will, so besteht nach Wundt die einzige Analogie des Farbensinn's mit dem Tonsinn darin, dass das Violett mit der doppelten Schwingungszahl des Roth eine dem letzteren ähnliche Empfindung gibt, und etwa vergleichsweise als die Oktave des Roth aufgefasst werden könne. Im Uebrigen waltet zwischen beiden Sinnen durchweg eine vollständige Verschiedenheit ob. —

Für die Young'sche Farbentheorie wäre es zunächst und an und für sich wohl gleichgültig, ob man einen rein physikalischen Anstoss der Netzhautelemente durch die Aetherwellen annimmt, oder sogleich eine chemische Zerlegung stattfinden lässt. Uebrigens hat man doch versucht, die Vertheilung der unendlich vielen qualitativ verschiedenen Lichtwellen auf die drei Grundelemente von einem rein physikalischen Vorgange abhängig zu machen. So wollen Schultze und Zenker[1]) die Umsetzung der Lichtwellen in die verschieden starke Erregung der drei Endorgane von der Interferenz in den als verschieden dick angenommenen Plättchen der Stäbchen- und Zapfenaussenglieder abhängig machen. —

Die Zurückführung der durch die Complementärfarben und das Mischungsgesetz bedingten Erscheinungen auf die

[1]) Archiv für mikroskopische Anatomie III.

drei Erregbarkeitskurven der Young-Helmholtz'schen Grundelemente ist zu bekannt, um hier einer näheren Auseinandersetzung zu bedürfen.

Wir gehen nun zu denjenigen Anschauungen über, welche den chemischen Vorgängen in der Netzhaut bei der Umsetzung der Aetherschwingungen in die die Farbenempfindung auslösenden Bewegungsvorgänge im Sehorgan die Hauptrolle zuschreiben.

Eine Berücksichtigung der fundamentalen Bedeutung des chemischen Stoffwechsels für die Funktion der gesammten Nervensubstanz einerseits, sowie anderseits der Thatsache der chemischen Einwirkung der Lichtstrahlen auf gewisse Reagentien legt den Gedanken einer chemischen Wirkung des Lichtes auch auf die Substanz der Netzhaut ziemlich nahe.

Gegen eine solche Annahme wendet nun Lederer[1]) ein, dass die Fortschaffung der Umsetzungsprodukte und die Erneuerung der chemisch wirksamen Stoffe durch die Cirkulation weniger rasch bewerkstelligt werden könne, als zur Erhaltung scharfer, rasch wechselnder Bilder nothwendig ist. Andrerseits wird aber die lange Dauer der Nachwirkungen des Lichtes für die chemische Theorie hearangezogen, und Brücke[2]) sieht in dem wiederholten Wechsel zwischen positiven und negativen Nachbild eine Thatsache, die eine chemische Erklärung bestimmt fordern könnte.

Wundt führt noch den Mangel eines jeden bestimmten Verhältnisses zwischen Oscillationsgeschwindigkeit der Lichtwellen und Qualität der Lichtempfindung zu Gunsten der chemischen Theorie an. — Einem weiteren Einwand Lederers, dass die chemisch wirksamsten Strahlen des Spektrums nur schwach oder gar nicht auf die Netzhaut einwir-

[1]) Siehe oben.

[1]) Ueber einige Consequenzen der Young-Helmholtz'schen Theorie. Sitzb. d. k. Akad. d. Wissensch. III. Abth. Juli-Heft. Jahrg. 1879.

ken, könnte man entgegnen, dass die chemische Theorie an ihren veränderlichen Stoffen in den peripheren Organen der Empfindung eine ganz besondere und sehr feine Reaktionsfähigkeit voraussetzen muss, so dass dieselben nicht durch die unsichtbaren, sondern nur durch die sichtbaren Strahlen des Spektrums in bestimmter Weise verändert werden.

Für die Dreifarbentheorie hat die chemische Erklärungsweise den grossen Vorzug, dass sie ihren peripheren Perceptionsapparat wesentlich vereinfachen kann. Dieselbe fand deshalb vielfachen Anklang und zuerst erklärte Talma die Farbenempfindung als bedingt durch einen photochemischen Process, dem drei verschieden reagirende Stoffe in den Nervenendigungen zu Grunde liegen, deren Reaktionen er mit dem Namen der „Grundenergien" bezeichnet.

Die Entdeckung des Sehpurpurs durch Boll und die Herstellung von Optogrammen auf Kaninchennetzhäuten durch Boll und Kühne schienen den eklatantesten Beweis für die Berechtigung einer photochemischen Hypothese zu liefern.

Kühne[1]) selbst hat jedoch auf Grund eingehender Untersuchungen dem Sehpurpur die Bedeutung genommen, welche man ihm anfänglich beilegen wollte. Experimentell wurde an Fröschen mit gebleichter Netzhaut konstatirt, dass auch ohne Sehpurpur gesehen wird. In den Aussengliedern der Zapfen fand man keinen Sehpurpur; zudem ist noch nicht bestimmt der Nachweis geliefert worden, dass auch in der menschlichen Retina Sehpurpur vorhanden sei. Andrerseits hat Kühne ganz bestimmte Reaktionen des retinalen Epithels auf Licht experimentell an Fröschen beobachtet, nämlich ein Weitergreifen und Anschwellen der zwischen die Stäbchen eingeschalteten Fortsätze und eine Anfüllung derselben mit Pigmentstoffen, den Fuscinnadeln.

---

[1]) Handbuch d. Physiol. v. Hermann. Bd. III, Th. 1, Abschn. III.

Man kann nun wohl mit Wundt in der Zersetzung des Sehpurpurs und in den Pigmentreaktionen auf Licht immerhin Symptome sehen, welche im Allgemeinen auf photochemische Processe in der Netzhaut hinweisen.

Kühne stellt in einer optochemischen Hypothese die Existenz mehrfacher Sehstoffe auf. Die Mehrheit derselben sei schon durch die gewaltigen Intensitätsdifferenzen des Lichtes gefordert, so dass es sehr fein empfindliche Stoffe und andere von mehr träger Reaktion geben müsse. —

Unter den fein reagirenden spielt vielleicht der Sehpurpur eine Rolle. Durch Einfluss des Lichtes findet nun in den Sehstoffen ein Zerfall statt, und die je nach dem Sehstoff verschiedenen Zerfallsprodukte, deren wieder ein Sehstoff mehrere erzeugen kann, wirken als „Sehreger" in verschiedener Weise erregend. Die Regeneration der verbrauchten Sehstoffe findet von dem Epithel aus statt, und zwar ist dieselbe eine Folge der direkten Reizung der Epithelzellen durch das Licht. —

Eine specielle Anwendung seiner optochemischen Hypothese auf die Farbenempfindung wird von Kühne nicht gegeben, hingegen spielen chemische Processe unbestimmter Natur, die man sich vielleicht in der von Kühne angedeuteten Weise vorstellen könnte, eine wesentliche Rolle in den Farbentheorien von Hering und von Wundt.

Hering[1]) sagt: „Was uns als Gesichtsempfindung zu Bewusstsein kommt, ist der psychische Ausdruck oder das bewusste Correlat des Stoffwechsels in der Sehsubstanz; den verschiedenen Qualitäten der bewussten Empfindung müssen auch verschiedene Qualitäten chemischen Geschehens entsprechen." — Ausgehend von diesen Fundamentalsätzen fasst er die Contrasterscheinungen als durch verschiedene physiologisch-chemische Processe bedingt auf, die einander beeinflussen, die sich gegenseitig fordern müssen.

[1]) Zur Lehre vom Lichtsinn. 6 Mittheilungen. Wien 1878.

Auf die zahlreichen Beobachtungen und sonstigen Belege, mit denen Hering seine physiologische Erklärung gegenüber der „spiritualistischen“ von Helmholtz stützt, können wir hier nicht weiter eingehen, wohl aber müssen wir die Theorie der Contrastempfindungen etwas eingehender erörtern, weil Hering's Epoche machende Hypothese der Farbenempfindung wesentlich auf seiner Erklärung des Contrastes basirt.

Bekanntlich fasst Helmholtz den Contrast als Resultat einer Urtheilstäuschung, d. h. als eine falsche Vorstellung auf, die durch unbewusste Schlüsse hervorgerufen wird. Sowohl diese Erklärung des simultanen Contrastes, als die ebenfalls von Helmholtz eingeführte Auffassung der Nachbilder oder der successiven Contrasterscheinungen als Folge der Ermüdung ist nach Hering nicht nur unzureichend, sondern thatsächlich unrichtig.

Dagegen macht Hering sowohl simultane, wie successive Contrastempfindung abhängig von einem chemischen Process in der Sehsubstanz, welcher dem ursprünglich durch den einwirkenden Reiz ausgelösten chemischen Vorgang in seinem Wesen und in seiner Wirkung entgegengesetzt ist. Beide Processe beeinflussen oder fordern einander in der Weise, dass immer die direkte Anregung des einen Processes durch äussere Reize die gleichzeitige Auslösung des anderen, antagonistischen Processes in der Umgebung der primär erregten Stelle mit sich bringt, während in der erregten Stelle selbst mit dem Verschwinden, den Abblassen der primären Erregung der antagonistische Process nachfolgt.

Ein Beispiel solcher antagonistischen Processe sieht Hering im Stoffwechsel gegeben.

Jeder Verbrauch von Substanz, von Hering „Dissimilirung“ genannt, fordert einen Wiederersatz, die „Assimilirung“, und nur wo letztere gegeben ist kann ein fernerer Verbrauch stattfinden.

Dissimilirung und Assimilirung in der Sehsubstanz sind nun nach Hering's „Lehre vom Lichtsinn" die chemischen Processe, welche sowohl den farblosen wie den farbigen Contrastempfindungen zu Grunde liegen. Später, in seiner neuesten Schrift[1]) hält Hering zwar die antagonistischen Processe fest, doch sagt er ausdrücklich: „Die Natur dieser Processe ist unbekannt." — Wir wollen demnach die Processe, welche den Contrasterscheinungen im Sinne der Heringschen Theorie zu Grunde liegen, einfach als antagonistische auffassen, ohne sie mit den entgegengesetzten Phasen des Stoffwechsels in direkten Zusammenhang zu bringen. Behufs besserer Unterscheidung werden wir jedoch für dieselben die Namen der Dissimilation und Assimilation noch beibehalten. Was den Simultancontrast betrifft, so haben auch Gegner der Hering'schen Farbentheorie, wie Fick und Wundt, die Richtigkeit der Hering'schen Ausführungen, soweit sie gegen die Erklärung von Helmholtz gerichtet sind, zugegeben.

Wundt bekämpft sogar Helmholtz mit psychologischen Waffen: Die Contrasterscheinungen lehren, dass alle Lichteindrücke in Beziehung zu einander gesetzt und empfunden werden. Die Feststellung einer Contrastempfindung in Beziehung auf die gleichzeitig einwirkenden äusseren Reize und auf die durch letztere erregte Empfindung ist das Primäre, die Beziehung auf früher stattgehabte Empfindungen findet erst sekundär statt; denn eine hinzutretende Reproduktion kann den störenden Contrast aus der bewussten Vorstellung beseitigen. Die Theorie der Urtheilstäuschungen begeht zwei Fehler: sie macht das Spätere zum Ursprünglichen und kehrt damit den Zusammenhang der Dinge um, dann sieht sie die Empfindung als etwas Absolutes an, während wir ein absolutes Mass bei der Empfindung der

[1]) Zur Erklärung der Farbenblindheit aus der Theorie der Gegenfarben. Jahrb. f. Naturw. „Lotos." Neue Folge. I. Band. Prag 1880.

Lichtqualitäten gar nicht besitzen. — Fick[1]) giebt eine von Hering abweichende Erklärung des simultanen Contrastes: Jede Erregung einer Netzhautstelle ruft eine Veränderung der Erregbarkeit in der Umgebung derselben hervor, und zwar zunächst eine Herabsetzung, welche den simultanen Contrast bedingt, bei fortgesetzter Erregung jedoch eine Steigerung, die zur successiven Lichtinduktion führt. Im Sinne der Young'schen Theorie wird bei farbiger Erregung die Erregbarkeit derjenigen Einzelelemente am meisten geändert, welche in den benachbarten nicht gereizten Gesammtelementen am meisten erregt sind. — Wundt bekämpft diese, von ihm mit dem Namen der „Irradiationserklärung" belegte Hypothese, weil sie nicht allen Thatsachen entspreche, z. B. nimmt mit der Intensität des inducirenden Reizes durchaus nicht die Stärke der Contrastwirkung zu, wie es nach Fick der Fall sein sollte, vielmehr ist eine mässige Intensität des Reizes für letztere am günstigten.

Die successiven Contrasterscheinungen dagegen oder die Nachbilder wollen sowohl Fick als Wundt noch mit Helmholtz als Folgen der Ermüdung aufgefasst wissen. —

Nach Hering besteht nun die Sehsubstanz aus dreierlei chemischen Stoffen von verschiedener Reaktionsfähigkeit. Jeder dieser Stoffe kann mit zwei antagonistischen Processen reagiren. Der eine, in grösster Menge vorhandene Stoff wird die „farblose" oder „schwarzweisse Substanz" genannt, weil die in ihm sich abspielenden antagonistischen Processe zur farblosen Empfindung führen.

Die beiden anderen Substanzen dienen den farbigen Empfindungen. — Die weisse Empfindung ist nun das Produkt der Dissimilationserregung der farblosen Substanz, die schwarze das der antagonistischen Assimilationserregung derselben.

Die Auffassung des Schwarz als einer positiven, durch

---

[1]) Handbuch der Physiologie v. Hermann. B. III. 1. II.

nervöse Erregung bedingten Empfindung eigner Qualität findet namentlich bei Fick heftigen Widerspruch, der in der Schwarz- oder Dunkelempfindung eben nichts Andres sehen will, als den Mangel jeglicher Lichtempfindung.

Hering betont dagegen die physiologische Gleichberechtigung des Schwarz mit dem Weiss; beide sind durch gleichartige, nur in ihrer Wirkung entgegengesetzte Processe in der Substanz bedingt. Dass uns die Anerkennung dieser Gleichberechtigung nicht geläufig werden will, liegt daran, dass objektiv keine Lichtwellen existiren, welche den Process der Schwarzempfindung direkt anregen. Derselbe wird vielmehr überall in der Umgebung derjenigen Theile der farblosen Sehsubstanz erzeugt, welche beleuchtet sind, sich also in D- (Dissimilations-) Erregung befinden, und ferner überall da, wo D-Erregung stattgefunden hat und D-Ermüdung mit gesteigerter A- (Assimilations-) Erregbarkeit eingetreten ist. — Gäbe es Strahlen, welche die A. in der farblosen Substanz direkt erregen könnten, so müsste nach Hering ein Gemisch solcher Strahlen mit anderen, welche die D. erregen, sich in seiner Wirkung theilweise, oder, wenn gleiche Intensitäten gemischt sind, auch ganz aufheben.

In letzterem Falle würde dann nur die Thätigkeit der farbigen Substanzen übrig bleiben; ein Zustand, der von unseren gewohnten Verhältnissen der Farbenempfindung so wesentlich verschieden wäre, dass wir uns gar nicht hinein denken können. Die schwarz-weisse Empfindungsreihe würde in diesem Falle auch nicht existiren, und während wir jetzt alle Uebergänge zwischen allen Stufen der schwarz-weissen und der vier farbigen Empfindungsreihen (Roth-Blau, Blau-Grün, Grün-Gelb, Gelb-Roth) haben, würden die farbigen Töne nur mit dem absoluten Weiss oder dem absoluten Schwarz nüancirt vorkommen; ein Zustand, den wir uns ebenfalls gar nicht vorstellen können.

Von den farbigen Grundempfindungen stehen je zwei

mit einander in Contrast: Roth mit Grün, Gelb mit Blau. Hering nimmt nun zu dem farblosen noch zwei farbige Elemente der Sehsubstanz an, deren jedes auf bestimmte Arten von Lichtwellen in zweierlei Weise reagiren kann, nämlich mit den oben erwähnten antagonistischen Processen, welche Hering Assimilirung und Dissimilirung genannt hat.

Zu diesen zwei farbigen Elementen verhält sich aber die objektive Welt thatsächlich so, wie sie sich nach obigen Erörterungen zu der schwarz-weissen Substanz nicht verhält. Für beide antagonistische Processe, also auch für die Assimilirung in jedem der zwei farbigen Elemente sind nämlich objektive Reize gegeben. Wirken beide Reize, D-Reiz und A-Reiz, gleichzeitig auf dasselbe Element, so heben sie sich in ihrer Wirkung entweder ganz auf, oder wenigstens theilweise, so dass nur noch das Uebergewicht des einen Processes zur Geltung kommt. Bei vollständiger Aufhebung bleibt nur, falls nicht noch Strahlen beigemischt sind, welche auch das andere farbige Element erregen, die Wirkung auf die farblose Substanz allein, und zwar bleibt diese in jedem Falle, weil die farblose Substanz auf Lichtstrahlen jeder Qualität mit reagirt. — Die Hering'sche Theorie fasst demnach die Mischung der objektiven Farben zu Weiss wesentlich anders auf als die vorher erwähnten Theorien, nämlich nicht als Completirung sondern als Aufhebung der Contrastwirkungen, so dass nur die Thätigkeit einer miterregten Theilsubstanz zur Geltung kommt.

Bei dem Antagonismus der farbigen Processe in jedem der zwei farbigen Elemente und der Möglichkeit einer gleichzeitigen Auslösung beider in je einem farbigen Element ist es auch erklärlich, dass die vier farbigen Grundempfindungen nur zu vier und nicht zu sechs Empfindungsreihen sich kombiniren können; ferner dass es nicht möglich ist, unzählig neue Empfindungsreihen dadurch zu erhalten, dass man jeden Punkt der einen mit jedem Punkt der drei

anderen Grundfarbenkombinationsreihen verbindet, während wir aber thatsächlich in den Nüancen der Farbentöne unzählige Empfindungsreihen zwischen jedem Punkt der schwarzweissen und jedem Punkt der vier farbigen Reihen haben. Bei jedem Farbengemisch beeinflussen sich nämlich die durch Contrastfarben angeregten Processe in der Art, dass nur die überwiegende Farbe zur Geltung kommt. Es gibt somit, wie auch Stilling hervorhebt, keinen farbigen Dreiklang. Die Nüancen jedoch, die Verbindungen mit der farblosen Empfindungsreihe, als welche sämmtliche Farben in der Empfindung auftreten, sind als Nüancen der Grundfarben ternäre, als solche der übrigen Farbentöne quaternäre Verbindungen.

In der Thatsache, dass man durch Abminderung der Intensität eines jeden Farbentons eine schwärzliche Empfindung erhält, sieht Fick einen Beweis dafür, dass Schwarz nicht eine Empfindung von bestimmter Qualität und variabler Intensität sein könne. Andererseits kann man jedoch die nämliche Thatsache auf dem Boden der Hering'schen Theorie stehend recht gut erklären: Durch jeden Farbenton wird auch die Dissimilation in der schwarz-weissen Substanz mit angeregt. Bei Abschwächung der D-Erregung wird dann eine Verstärkung der A-Erregung und damit die Schwarzempfindung hervorgerufen, welche allein übrig bleibt, nachdem die mitspielenden farbigen Contrastempfindungen so schwach geworden sind, dass sie unter der Schwelle der Empfindung bleiben. Es ist nämlich die schwarz-weisse Substanz, wie dies nicht nur in der grossen Ueberzahl ihrer objektiven Reize den farbigen gegenüber, sondern auch in dem Mangel eines gegenseitigen Aufhebens von dissimilirender und assimilirender Thätigkeit begründet erscheint, der bei weitem am meisten aktive Theil der gesammten Sehsubstanz, daher auch am besten entwickelt und viel leichter und intensiver erregbar als die farbigen Substanzen.

Von den Versuchen, die man gemacht hat, die Hering'sche Theorie mit anderen, namentlich der von Young-Helmholtz zu vereinigen, will ich nur den von Weinhold[1]) erwähnen. Derselbe schliesst sich der Hering'schen Ansicht für die Contrast- und Induktionserscheinungen an, verwirft jedoch die antagonistischen Farbenpaare. Die Farbenempfindung kommt nach ihm dadurch zu Stande, dass dreierlei Dissimilationserregungen für Roth, Grün und Violett in verschiedenen Intensitäten gemischt sein können. Die entsprechende Assimilation gibt allemal die Empfindung des dunklen, gleich starke Mischung der drei Dissimilationen gibt die weisse Empfindung. — Weinhold stützt sich dabei auf die später zu besprechende Unterscheidung einer Rothblindheit und Grünblindheit, dann auf einige Mischungsversuche: Violett sei keine gemischte Empfindung, weil es sich aus den Spektralfarben Roth und Blau nicht mischen lässt; ferner sei monochromatisches Spektrallicht nicht mit Weiss gemischt, weil eine künstliche Mischung die Sättigung sehr herabsetze. — Dem kann man entgegnen, dass die Grundfarbe Roth im Spektrum nach Hering gar nicht enthalten ist; ferner, dass objektive Mischungsversuche durchaus nicht massgebend sein dürfen für das, was man in der Empfindung als einfach und was als gemischt anzusehen hat. Ueber die einfachen und gemischten Empfindungen, wie sie im Bewusstsein gegeben sind, herrschen freilich noch sehr getheilte Ansichten, so behauptet z. B. Fick, er sehe im Gelb sowohl Grün wie Roth, könne dasselbe also füglich auch als Grünroth bezeichnen, während Hering im reinen Gelb weder Grün noch Roth sieht, im unreinen Gelb aber entweder Grün oder Roth, nie jedoch beide gleichzeitig. — Eine gewisse Inkonsequenz liegt noch bei Weinhold darin, dass er für den farblosen Contrast ein Zu-

[1]) Ueber die Farbenwahrnehmung. Poggendorf's Annalen II. (Ref. in Zehenders klin. Mtsbl. 1878).

grundeliegen antagonistischer physiologischer Processe zugibt, für die farbigen Contraste jedoch dieselbe Erklärung verwirft. —

Wenn die Kritik, welche die Hering'sche Theorie in der Literatur erfahren hat, entweder sehr allgemein gehalten oder auf ganz specielle herausgegriffene Einzelheiten beschränkt ist, so macht doch Wundt hiervon eine Ausnahme, der mit gleich eingehender Gründlichkeit beide feindlichen Theorien, sowohl die von Young-Helmholtz, als die von Hering bekämpft, um eine ganz neue Hypothese aufzustellen.

Wundt verwirft, wie schon oben erwähnt, sowohl die Uebertragung objektiver Grundfarben auf die Empfindung als auch die Annahme einfacher Grundempfindungen. — Die vielen speciellen Einwände jedoch, welche Wundt gegen Hering vorbringt, lassen sich meiner Meinung nach auch mit der Hering'schen Theorie vereinigen. So beruht der Einwurf, die Hering'sche Theorie befinde sich in Conflikt mit den Thatsachen des Mischungsgesetzes, weil

1) nicht Roth und Grün, sondern Purpur und Grün complementäre Farben seien,

2) das spektrale Violett nicht durch Mischung von Roth und Blau hergestellt werden könne, während

3) das spektrale Gelb sich vollständig aus Roth und Grün erzeugen lasse,

offenbar nur darauf, dass Wundt das spektrale Roth im Sinne hat, während eine reine Nüance der rothen Grundempfindung Hering's im Spektrum gar nicht enthalten ist, das spektrale Roth vielmehr, abgesehen von seiner weissen Beimischung, immer noch gelbe Empfindung mit erregt.

Ferner meint Wundt, wenn nach Hering die schwarzweissen Empfindungen eine qualitative Reihe bilden, müsse die farblose Lichtempfindung der Intensitätsabstufungen ganz

entbehren. Nun hängt die Intensität nach Hering von dem Gewichte der Empfindungen ab, welches durch das Verhältniss der Dissimilation zur Assimilation bestimmt ist; wir haben also für die farblose Substanz zwei Intensitätsskalen, deren eine dem hellen, die andere dem dunklen entspricht. Dass in der schwarz-weissen Substanz keine gegenseitige Aufhebung der antagonistischen Processe vorkommt, wurde schon erörtert.

Aus eben dieser Erörterung ist es auch erklärlich, warum die Empfindung Grau keine Intensitätsänderung erleiden kann, ohne gleichzeitig den Ton zu ändern, während z. B. Orange bei gleich starker Vermehrung oder Verminderung der rothen und der gelben Erregung seinen Ton behält. Das Grau ist eben von Contrastempfindungen abhängig, bei nur einseitig vorhandener objektiver Erregung; während Orange aus der Erregung zweier nicht antagonistischer Farbenempfindungen resultirt. —

Das einzige was Wundt mit Hering den Complementärtheorien gegenüber gemeinsam hat, ist die Ableitung der farblosen Empfindung von einem eigenen physiologischen Processe.

Wundt unterscheidet zwischen chromatischer und achromatischer Erregung des Sehorgans. Letztere kann allein stattfinden, erstere jedoch nur mit der letzteren zusammen. Beide Processe sind exquisit chemischer Natur, unterscheiden sich aber insofern, als die farblose Erregung von einem gleichförmigen, die farbige von einem polyformen photochemischen Vorgange bedingt ist. Die chromatische Erregung verändert sich in ihrer Form stetig mit der objektiven Wellenlänge des Lichtes. Auch auf den achromatischen Prozess hat die Wellenlänge einen gewissen Einfluss, und zwar so, dass die Intensität der Molekularbewegung bei gelbem Licht am grössten wird. Im Uebrigen ist die farblose Erregung nur von der Intensität des Reizes abhängig. — Die chroma-

tische Erregung ist an bestimmte Intensitätsgrenzen gebunden; geringe und sehr intensive Reize lassen keine farbige Reaktion mehr zu Stande kommen, sondern nur noch farblose. —

Ueber die speciellere Art der chemischen Processe spricht Wundt nichts Bestimmtes aus; doch lässt die eingehende Berücksichtigung die er den Kühne'schen Versuchen schenkt, vermuthen, dass er sich an dessen optochemische Hypothese anschliessen und dieselbe vielleicht dahin erweitern würde, dass ausser einfach reagirenden Sehstoffen noch komplicirte Substanzen anzunehmen sind, deren Reaktion sich langsam mit der Wellenlänge des einwirkenden Lichtes verändert, so dass also aus gleichartigen Stoffen nach einander und nebeneinander Sehreger von vielfach wechselnder Beschaffenheit hervorgehen können.

Es steht dabei Nichts der Annahme entgegen, dass die komplicirten Stoffe unter Umständen auch einfach reagiren können. Man braucht dann für die chromatischen und die achromatischen Stoffe keine wesentliche Verschiedenheit vorauszusetzen, sondern die ersteren stellen vielleicht nur eine höhere Entwicklungsstufe der letzteren dar. —

Die weitere Fortpflanzung der Erregung von der Peripherie durch den leitenden Nerven, sowie die Erregung des Centralorganes, welche wir als letzte Ursache der Empfindung auffassen, muss, gleichviel, ob man die Vorgänge der Umsetzung der äusseren Reize in Bewegung der peripheren Endorgane rein physikalisch erklärt, oder schon dort den chemischen Processen eine Hauptrolle zuweist, nach dem bekannten, allgemein für nervöse Erregung gültigen Gesetze der „Auslösung" sich abspielen; d. h. es findet chemische Zerlegung statt, die dabei frei werdenden lebendigen Kräfte bringen Molekularbewegung und damit weitere Zerlegungen und weitere Bewegungen hervor. Die Form dieser Zerlegungs- und Bewegungsprocesse kann eine verschiedene sein,

so macht z. B. Wundt die Eigenartigkeit einer Empfindung von der Form der Bewegung abhängig, welche dem Centralorgan zugeleitet worden ist und in demselben stattfindet.

Ganz eigenthümliche Formen von Bewegungen im Centralorgan nimmt Krenchel an, um daraus die Farbenempfindung zu erklären. Nach ihm ist eine Drehung der allseitig beweglich gelagerten Hirnmoleküle für die Farbenempfindung massgebend.

Die Empfindung eines bestimmten Farbentons resultirt aus einer Drehung des Moleküls in bestimmter Richtung. Drehung in entgegengesetzter Richtung gibt die Contrastfarbe, eine Fortbewegung des Moleküls ohne Drehung die farblose Empfindung.

Die Organe der peripheren Perception und Leitung sollen, wie beim Telephon, von einfacher und gleichartiger Construktion und doch zur Aufnahme der verschiedenen Bewegungsprocesse geeignet sein.

IV. Welche Theile im Centralorgan und in der Netzhaut lösen bei ihrer Erregung die Farbenempfindung aus?

Wir kommen nun zu der Frage, an welchem Orte die Farbenempfindung stattfindet, und welche Theile an der Peripherie zur Perception der äusseren, die Empfindung anregenden Reize dienen.

Der Ort, wo im Centrum Empfindung, Wahrnehmung und Vorstellung der Farbe stattfinden, ist uns noch unbekannt. Wir wissen nicht, welche von den bis jetzt experimentell festgestellten Centralorganen des Lichtsinnes speciell diejenigen des Farbensinnes sind. — Zwar machte Niemet-

schek aus dem Befund an vier Farbenblinden, bei denen die Messung der Basallinie eine unternormale Länge ergeben hatte, den Schluss, dass die Organe des Farbensinns in den vorderen Grosshirnwindungen gelegen sein müssten. Holmgren und Cohn[1]) haben indess durch zahlreiche Messungen der Pupillardistanz bewiesen, dass die Basallinie durchaus kein bestimmtes Verhalten zur Farbenblindheit zeigt. — Vielfach hat man versucht, die Organe des Farbensinns in direkte Beziehung zu denen des Tonsinns zu bringen. So beschreibt Benedict einen Fall von akustisch-optischen Zwangskonsens, bei dem besonders bemerkenswerth war, dass auf Tonreiz nur farbige, nie jedoch farblose Empfindungen mitklangen. Andrerseits hat jedoch Adler[2]) bei Untersuchung von hundert Taubstummen keine Störung des Farbensinns, Cohn[3]) bei hundert Farbenblinden kein Fehlen von musikalischen Tönen gefunden.

Die Annahme, dass jeder qualitativ verschiedenen Empfindung bestimmt lokalisirte Centren im Hirn entsprechen müssen, in Verbindung mit der Thatsache, dass die specifischen Sinnesorgane auf verschiedene allgemeine Reize nur in einer specifischen Form der Empfindung reagiren, hat das bekannte von J. Müller entwickelte Gesetz der specifischen Energien veranlasst, welches sich noch heute in der Physiologie einer wenig bestrittenen Geltung erfreut. Die Dreifarbentheorie nach Young-Helmholtz und wie sie in der neuesten Zeit auch von Fick aufgefasst wird, ist eine weitere Durchführung dieses Gesetzes: Die lichtempfindenden specifischen Elemente in den Centralorganen sind wieder je aus drei verschiedenen Theilen zusammengesetzt, deren jedes auf Erregung mit einer ganz bestimmten, eben seiner specifischen Empfindung antwortet. Die Verschiedenheit der

[1]) Studien über angeborne Farbenblindh. Breslau 1879.

[2]) Zehenders klin. Monatsbl. 1876.

[3]) Siehe oben.

Empfindung beruht nach Fick lediglich auf der numerischen Verschiedenheit der Elemente, und damit hält er auch jeden weiteren Erklärungsversuch für abgeschnitten.

Nach Wundt hingegen ist die Verschiedenheit der Empfindung vielmehr abhängig von den verschiedenen Molekularvorgängen, die von der Peripherie und den zuleitenden Nerven aus in den centralen Zellen anlangen. Wie bei der Klangempfindung der periodische Verlauf, so ist bei der Gesichtsempfindung die chemische Art der Bewegungsprocesse massgebend. Die Form der Empfindung ist also nicht von der Verschiedenheit des Centralorgans abhängig, in welchem der Erregungsvorgang stattfindet, sondern sie hängt vielmehr von der Form dieses Vorgangs ab. —

Wenn nun Wundt der Hering'schen Theorie vorwirft, dass sie ebenfalls specifische Energien voraussetze, und zwar nicht nur drei, sondern sogar deren sechs, so scheint dieser Vorwurf deshalb nicht ganz berechtigt zu sein, weil Hering in seiner Lehre vom Lichtsinn gar keine Erklärung darüber abgegeben hat, ob er seine Sehsubstanzen im Centralorgan als räumlich getrennt aufgefasst wissen will. Assimilation und Dissimilation sind verschiedene Formen chemischer Molekularvorgänge, also durchaus nicht specifische Energien.

Auch in den Sehsubstanzen Hering's kann man sehr wohl nur der Peripherie zukommende besondere chemische Stoffe sehen, die auf Reiz verschiedene Formen der Molekularerregung auslösen, die wieder nach D. oder A. in entgegengesetzter Weise verschieden sind. Freilich kann man nach demselben Princip auch die Dreifarbentheorie von dem Gesetz der specifischen Energien emancipiren.

Die Frage nach dem peripheren Ort, wo die Aetherwellen in Bewegung der nervösen Organe umgesetzt werden, hat mehr Berechtigung und mehr Aussicht auf eine Lösung, als die Forschung nach den Centralorganen, in welchen die

Farbenempfindung zu Stande kommt. — Nach den bekannten von H. Müller gelieferten Beweisen unterliegt es keinem Zweifel mehr, dass jene peripheren Endorgane in der Stäbchen- und Zapfenschicht zu suchen sind. Ob aber nur die Zapfen, oder Stäbchen und Zapfen percipirende Elemente sind, ist eine Frage, die noch sehr verschieden beantwortet wird. Bekanntlich hat schon Helmholtz daraus, dass in der fovea centralis, der Stelle des deutlichsten Sehens, sich nur Zapfen befinden und keine Stäbchen, während weiter peripher, wo das Sehen undeutlicher wird, die Zapfen immer dünner gesäet sind, den Schluss gezogen, dass die Zapfen allein zum Sehen dienen; und zwar vermitteln sie nach Helmholtz durch gesammte oder nur theilweise, gleich starke oder verschiedene Erregung der drei in ihnen enthaltenen Grundelemente sowohl die einfache Lichtempfindung wie die Farbenempfindung.

Brücke[1]) vertheidigt dieselbe Ansicht und will die Funktion der Stäbchen darauf beschränkt wissen, entweder mit den Aussengliedern der Zapfen zusammen einen katoptrischen Apparat zu bilden, oder vielleicht eine sogenannte unbewusste Lichtempfindung zu vermitteln, welche in uns den Zustand des Wachens erhält, also die psychischen Coordinationsorgane in die gewisse Erregbarkeit versetzt, welche ihnen im Schlafe fehlt, der ja besonders gern bei Lichtmangel eintritt.

Die Theorie von Lederer weist nun im Gegensatz zu obigen Ansichten den Stäbchen eine wesentliche Rolle in der Licht- und Farbenempfindung zu. Lederer stützt sich ebenfalls auf das Verhalten der Netzhautperipherie; er hat beobachtet, dass daselbst Violett und Gelbgrün am besten empfunden werde, im Centrum hingegen Roth und Blaugrün. Die geringere Sehschärfe beim indirekten Sehen komme

[1]) Consequenzen der Joung-Helmholtz'schen Theorie. I. Abh. Sitzb. d. k. Akad. d. Wissensch. III. Abth. Juli-Heft. Jahrg. 1879.

lediglich auf Rechnung der grösseren Zerstreuungskreise und der Construktion des dioptrischen Apparates, die weniger Licht auf die Peripherie fallen lasse.

Die allenthalben bestätigte Thatsache, dass die äussere Peripherie der Netzhaut nur farblose Empfindung gibt, findet bei Lederer keine weitere Berücksichtigung. Es müssten nach seiner Theorie die Stäbchen daselbst nur im combinirten Rhythmus schwingen können. Eigenthümlich ist die Beobachtung Lederers, dass mit der fovea centralis kein reines Violett gesehen werde. —

Alle Theorien, welche die Weissempfindung durch Zusammenwirken verschiedener Farbenempfindungen erklären, müssen nothwendiger Weise die nämlichen Organe für die Licht- und für die Farbenempfindung annehmen.

Den Theorien von Hering und Wundt hingegen, welche der farblosen Empfindung einen besonderen physiologischen Process substituiren, könnte es nahe liegen, besondere Endorgane für die Aufnahme der farbigen Reize neben solchen Organen, welche durch alle Lichtreize farblos erregt werden, anzunehmen. Weder Hering noch Wundt sprechen sich irgend wie über die räumliche Trennung der Sehsubstanzen in der Netzhaut aus. Stilling[1]) hingegen sieht in den Stäbchen die Organe der farblosen Empfindung, in den Zapfen die der farbigen. Er stützt sich dabei auf das Verhalten der äussersten Netzhautperipherie, welche nur farblos sieht, und auf einige interessante pathologische Thatsachen:

Bei Leiden nämlich, welche zunächst und hauptsächlich die Stäbchenschicht in der Peripherie afficiren, wie Chorioretinitis, Retinitis albuminurica und Retinitis pigmentosa ist bei schon beträchtlich gesunkener Sehschärfe und hochgra-

[1]) Ueber Farbensinn und Farbenblindheit. Rede. Cassel 1878. und über das Sehen der Farbenblinden. Cassel 1880.

diger Einschränkung des Gesichtsfeldes doch das Farbenunterscheidungsvermögen relativ intakt, während Störungen des Farbensinns fast ausschliesslich bei Sehnervenatrophie und centralen Skotomen vorkommen.

Für die Stilling'sche Ansicht scheint auch noch die Beobachtung von Schadow[1]) zu sprechen, dass die Seitenregionen der Netzhaut für farbloses Licht empfindlicher seien, als die Centralgrube.

Freilich kommt der fovea centralis immerhin noch ein ausgezeichnetes Unterscheidungsvermögen auch für farblose Gegenstände zu. Um dieser Thatsache gerecht zu werden, könnte man die Stilling'sche Hypothese vielleicht dahin erweitern, dass man die Zapfen nicht nur für die farbige, sondern auch für die farblose Empfindung fungiren lässt, die Stäbchen dagegen allein für letztere. Diese Erweiterung würde eine entwicklungsgeschichtliche Stütze in der Auffassung der Zapfen als höher ausgebildeter Stäbchen bekommen, in denen sich feiner reagirende, chromatisch erregbare Stoffe aus den einfachen heraus differenzirt haben.

Es gibt jedoch manche Thatsachen, welche dafür sprechen, dass vielleicht auch den Stäbchen eine, wenn auch noch unausgebildete, ungeübte Fähigkeit der Farbenempfindung zuzugestehen ist: So hat Landolt[2]) beobachtet, dass alle Farbenreize bis an die äusserste Netzhautperipherie richtig erkannt werden, sobald sie nur intensiv genug sind. Er schliesst daraus, dass zwischen der Anlage der Peripherie und des Centrums kein essentieller Unterschied besteht, dass vielmehr nur die Funktionen der Peripherie denen des Centrums bei herabgesetzter Beleuchtung gleichen. Auch Fick hat durch Versuche bewiesen, dass grössere farbige Objekte wegen der ausgebreiteteren Erregung weiter peripher

[1]) Pflügers Archiv Bd. 19.
[2]) Zehenders klin. Monatsbl. Jhrg. 1873.

erkannt werden als kleinere, und Nagel will nach Strychnininjektionen ein Weiterhinausrücken der peripheren Grenze der Blauempfindung beobachtet haben.

V. Ueber Farbenblindheit.

Dass die Farbenblindheit in ihren verschiedensten Arten, sowohl die normale der Netzhautperipherie als die abnorme angeborne als Beweismittel für oder gegen die verschiedenen Theorien des Farbensinns herangezogen wird, liegt auf der Hand. Die Literatur über Farbenblindheit ist in der letzten Zeit eine so enorm reichhaltige geworden, dass eine nur einigermassen eingehende Besprechung derselben den Rahmen einer Dissertation weit überschreiten würde. Ich beschränke mich daher auf wenige auserlesene Notizen, die doch einen ungefähren Ueberblick der Verhältnisse gestatten.

Die schon erwähnte normale totale Farbenblindheit der Netzhautperipherie ebenso wie ein von Becker beobachteter Fall von angeborner abnormer einseitiger totaler Farbenblindheit sind deshalb von Wichtigkeit für die theoretische Frage, weil die Möglichkeit eines Vergleiches mit der Empfindung farbentüchtiger Netzhaut für den Untersuchten vorhanden ist, und daher die Angaben über farbiges oder farbloses Sehen zuverlässig sind. Da nun in beiden Fällen wirklich farbloses Sehen konstatirt ist, schliesst Cohn[1]), der dasselbe an einem „hypnotischen Farbenblinden" beobachtete, auf die Unzulänglichkeit der Theorie von Young-

[1]) Ueber hypnotische Farbenblindheit. Breslauer ärztliche Zeitschrift Nr. 6. März 1880.

Helmholtz, welche die totale Farbenblindheit als alleinige Funktionstüchtigkeit eines einzigen farbigen Grundelementes auffassen müsse. Auch Wundt bringt denselben Beweis gegen die Dreifarbentheorie vor. Letztere hatte jedoch schon längst Mittel und Wege gefunden dem Dilemma auszuweichen. Schon Leber[1]) erklärte, dass alle Thatsachen der Farbenblindheit auf eine Aenderung, beziehungsweise Ausgleichung der Erregbarkeitsunterschiede der drei specifischen Grundelemente zurückzuführen seien. Das Uebergehen der farbigen Empfindung in eine farblose bei herabgesetzter Intensität der Beleuchtung beruhe auf dem gleichen Princip. — Im Handbuch der Physiologie von Hermann vertritt Fick die nämliche Ansicht. Derselbe stellt die Hypothese auf, dass die drei Grundelemente auf der ganzen Netzhaut gleichmässig vertheilt sind, aber ihre Reizbarkeit für verschiedene Strahlen von der Centralgrube nach der Peripherie hin sich in dem Sinne ändert, dass die Erregbarkeitsunterschiede sich mehr und mehr ausgleichen. Bei Farbenblinden herrscht in der fovea centralis derselbe Erregbarkeitszustand, wie bei Farbentüchtigen in der Peripherie, so dass also bei total Farbenblinden durchweg alle drei Erregbarkeitskurven in eine zusammenfallen.

Hering[2]) wirft der von Leber und Fick aufgestellten „Hilfshypothese" vor, dass sie der wesentlichen Voraussetzung der ganzen Young-Helmholtz'schen Theorie widerspreche und somit ihre eigenen Grundlagen erschüttere; denn nur durch konsequentes Festhalten an der Annahme einer verschiedenen spezifischen Erregbarkeit der drei Elemente sei die Dreifarbentheorie überhaupt möglich. — Nach den Theorien von Hering und Wundt findet nun bei totaler Far-

[1]) Zur Theorie der Farbenblindheit. Zehenders klin. Monatsbl. Jhrg. 1873.

[2]) Zur Erklärung der Farbenblindheit aus der Theorie der Gegenfarben „Lotos". Neue Folge. Bd. I. Prag 1880.

benblindheit nur achromatische Erregung statt, oder alleinige Thätigkeit der schwarz-weissen Substanz. Für die normale Farbenblindheit der äussersten Netzhautperipherie ist nach den erwähnten Beobachtungen von Landolt, dem auch Schön, Charpentier und Schröder beistimmen, nicht anzunehmen, dass daselbst die farbigen Elemente ganz fehlen, dieselben werden sich vielmehr in einem noch unentwickelten Zustande befinden. —

Eine Hauptfrage in der neueren ophthalmologischen Literatur ist die, nach dem Wesen der partiellen Farbenblindheit. Bei dem überaus häufigen Vorkommen derselben liegt auch hinreichendes Untersuchungsmaterial zu Grunde. Auch die normale Netzhaut ist in einer mittleren Zone zwischen äusserster Peripherie und Centralgrube partiell farbenblind, und zwar herrscht unter den Beobachtern[1]) eine seltene Uebereinstimmung dahin, dass in der betreffenden Zone nur mehr Blau und Gelb deutlich empfunden werde. Dieselbe Beobachtung mag wohl auch Lederer bestimmt haben, die violette und gelbgrüne Empfindung in die Stäbchen zu verlegen. Zur Erklärung dieser Thatsache muss nun die nach Leber und Fick modificirte Theorie von Young-Helmholtz eine Verschiebung der Erregbarkeitsunterschiede für die rothen und die grünen Elemente annehmen. Da nun die resultirende Combinationskurve entweder mehr nach der rothen oder mehr nach der grünen Seite gelegen sein kann, so muss die Dreifarbentheorie zur Aufstellung von zwei Arten der Farbenblindheit kommen, von denen die eine mehr Grün-, die andere mehr Rothblindheit ist.

Nach Herings Theorie wird in der mittleren Netzhautzone die rothgrüne Substanz entweder ganz fehlen, oder sich

---

[1]) Chodin, Aubert, Landolt, Fick, Schirmer und Kruckow.

wenigstens in einem noch unentwickelten Erregbarkeitszustande befinden. Wundt muss annehmen, dass in der mittleren Zone die chromatischen Stoffe in geringerem Grade polyform erregbar sind.

In der Erklärung der gewöhnlich vorkommenden angebornen Farbenblindheit, welche sich auch über die Centralgrube erstreckt, stehen sich die Theorien in ganz derselben Weise feindlich gegenüber: Helmholtz unterscheidet Rothblindheit von Grünblindheit, Hering kennt nur eine Rothgrünblindheit. Jede Partei sieht ihre Ansicht durch umfassende Untersuchungen gestützt. Freilich stehen der Untersuchung erhebliche Schwierigkeiten entgegen; so scheint es namentlich fast unmöglich zu sein, das subjektive Urtheil der Farbenblinden aus ihren Angaben zu eliminiren.

Neuerdings hat nun freilich Holmgren[1]) zwei Fälle von einseitiger partieller Farbenblindheit beschrieben, bei denen man durch Controle mittels des gesunden Auges die subjektive Täuschung als eliminirt betrachten kann.

Der einseitig Violetblinde Holmgren's hat nur noch rothe und grüne Farbenempfindung, während das Spektrum des einseitig Rothblinden sich aus Gelb und Blau zusammensetzt.

Die Beobachtung, dass im ersteren Falle ein viel reineres Roth gesehen wurde, als das gewöhnliche Spektralroth des Normalsehenden scheint für die Hering'sche Theorie zu sprechen, da nach dieser ein Blaugelbblinder das im Spektralroth mit enthaltene Gelb nicht mehr empfinden kann.

Ebenso kann man in dem blaugelben Spektrum des Rothblinden einen direkten Hinweis auf Hering's Theorie der Gegenfarben erblicken. Preyer[2]) verwerthet denn auch

[1]) Ueber die subjektive Farbenempfindung der Farbenblinden. — Centralblatt für d. med. Wissensch. 1880. Nr. 49 und 50.

[2]) Zur Theorie der Farbenblindheit. Centralbl. f. d. med. Wissensch. 1881. Nr. 1.

die beiden Fälle, um daraus die Unhaltbarkeit der Dreifarbentheorie zu erschliessen, hauptsächlich deshalb, weil durch dieselben bewiesen sei, dass ein „Rothblinder" wohl Gelb, nicht aber Grün empfindet. — Holmgren meint jedoch, dass die an beiden Fällen beobachteten Thatsachen sich noch in Uebereinstimmung mit der Young'schen Theorie befinden. Betreffs des blaugelben Spektrum glaubt er, dass nicht reines Gelb und Blau, sondern vielleicht mehr Grünlichgelb und Violetblau gesehen worden sind.

Stilling glaubt bei Untersuchung der gewöhnlichen doppelseitigen Farbenblindheit eine Ausschliessung des Urtheils am ehesten noch durch Prüfung mittels Simultankontrast zu erzielen, da in der Contrastempfindung keine Uebung möglich sei. Er sucht diejenigen Farben festzustellen, deren Schatten farblos gesehen werden und kommt auf Grund seiner Beobachtungen zu einer mit Herings Theorie übereinstimmenden Eintheilung der Farbenblinden in Rothgrünblinde und Blaugelbblinde. Sowohl v. Kries und Küster, welche die Dreifarbentheorie vertheidigen, als Hering sehen in der Aufstellung von „Verwechslungsgleichungen" bei Mischung, beziehentlich verschiedener Nüancirung homogener Spektralfarben die beste Prüfungsmethode. Dieselbe ist denn auch im Sinne beider Theorien verwendet worden.

Die Verschiedenheit des Spektrums bei Farbenblinden, das am rothen Ende bald verkürzt, bald nicht verkürzt erscheint, gilt als eine Hauptstütze für die Annahme einer von der Rothblindheit zu trennenden Grünblindheit. Hering macht diese Verschiedenheit abhängig von dem Orte der farblosen Stelle im blau-gelben Spektrum, welcher auch bei farbentüchtigen Augen individuell verschieden sei; ferner von dem wechselnden Verhalten des farblosen Sonderspektrums zu dem farbigen. Stilling hebt die Unabhängigkeit des farblosen Spektrums von den farbigen ganz besonders hervor. Auch bei totaler Farbenblindheit fand er das Spektrum

bald verkürzt, bald von normaler Länge. Einige Fälle von Blaugelbblindheit, in denen sich die Verkürzung des Spektrums bei sonst ganz intaktem Grünsinn über einen bestimmten Theil des spektralen Grüns erstreckte, scheinen ihm die vollständige Unabhängigkeit des qualitativen Farbensinnes von der Lichtempfindung zu beweisen.

Auch Cohn[1]), der hundert Farbenblinde nach den verschiedensten Methoden untersucht hat, schliesst sich an Hering an und meint, die Theorie von Young-Helmholtz sei gänzlich unhaltbar. Die Resultate und Schlüsse Cohns werden von Holmgren[2]) angegriffen. Derselbe betont zu Gunsten der Dreifarbentheorie, dass bei Rothblinden rothes Licht, bei Grünblinden grünes Licht dunkler erscheint. Es lässt sich diese Thatsache jedoch auch nach Hering erklären, durch die schon erwähnte verschiedene Lage der neutralen Stelle im zweifarbigen Spektrum, und durch die Unabhängigkeit des farblosen vom farbigen Spektrum. — Einzelne notorisch bei Roth- und Grünblinden vorkommende mit Pigmentproben gefundene Verwechslungsgleichungen hält Holmgren für unvereinbar mit Herings Theorie, weil sie nach letzterer totale Farbenblindheit bedeuten müssten. Cohn[3]) erklärt sie jedoch in scharfer Erwiderung geradezu als charakteristisch für Herings Rothgrünblindheit und betont dabei die Unreinheit der Pigmentfarben, und dass eine geringe Beimischung, die von dem Normalsichtigen nicht erkannt wird, weil das Gewicht der Hauptfarbe sie unter der Schwelle hält, dem partiell Farbenblinden nicht entgeht, wenn sie dem noch aktiven, die Hauptfarbe aber dem unthätigen Antagonistenpaare als adäquater Reiz zugehört. Stilling verwerthet dieselbe Thatsache für die He-

[1]) Studien über angeborne Farbenblindheit. Breslau 1879.
[2]) Die Arbeiten des H. Prof. Cohn. Upsala 1879.
[3]) Die Arbeiten des H. Prof. Holmgren. Breslau 1879.

ring'sche Theorie, und macht dabei auf das feinere Farbenunterscheidungsvermögen aufmerksam, welches für geringe Unterschiede den Farbenblinden vor den Normalsichtigen zukommt. —

Mauthner,[1]) der sich in Bezug auf die physiologische Farbenempfindung vollständig der Hering'schen Theorie der Gegenfarben anschliesst, erklärt die partielle Farbenblindheit — von ihm Dichromatopie genannt — nicht allein durch Funktionsuntüchtigkeit oder Fehlen der einen farbigen, z. B. der rothgrünen Substanz, sondern er nimmt auch noch eine erweiterte, vielleicht vikariirende Erregbarkeit der andren farbigen Substanz an, in dem Sinne, dass z. B. die blaugelbe Substanz eines sog. Rothgrünblinden auch durch rothe und grüne Strahlen zu einer gelben Empfindung erregt wird. Rothe, grüne und gelbe Strahlen sind für die eine farbige Substanz des Xanthokyanopen die Dissimilationsreize, während die Assimilation allein durch die blauen Strahlen angeregt wird.

In analoger Weise wird in der farbigen Substanz eines Erythrochloropen durch rothes, gelbes und blaues Licht die D-Farbe Roth, durch grünes Licht allein die A-Farbe Grün zur Empfindung gelangen.

Veranlassung zu dieser Modifikation der Hering'schen Theorie fand Mauthner durch die an partiell Farbenblinden gemachte Beobachtung, dass rothe und grüne Strahlen eine gelbe Empfindung von grösserem Gewichte geben, als dem etwa beigemischten gelben Lichte entsprechen könnte. Auch das reine Grün soll nach ihm vom Xanthokyanopen als Gelb empfunden werden, und im dichromatischen Spektrum soll eine farblose Stelle zuweilen gar nicht vorhanden sein, so dass dann Gelb und Blau unmittelbar aneinander grenzen.

---

[1]) Vorträge aus d. Gesammtgebiet d. Augenheilk. IV. Heft, Wiesbaden 1879.

Noch nicht mit Sicherheit konstatirt ist das reine Vorkommen einer Blaugelbblindheit — nach Helmholtz Violett- oder Blaublindheit. Cohn und Hering meinen, dieselbe sei in der Regel mehr oder weniger mit Rothgrünblindheit complicirt. Ueberhaupt werden durch die unvollständige Farbenblindheit und deren Complikation mit vollständiger, wozu sich noch Erregbarkeitsstörungen der farblosen Substanz gesellen können, die vielfachsten Combinationen ermöglicht. Auch aus der Dreifarbentheorie hat Brücke, namentlich mit Benutzung der Leber-Fick'schen Hilfshypothese eine reiche Fülle von Möglichkeiten abgeleitet und noch darauf hingewiesen, dass auch bei sonst ganz normalem Farbenperceptionsvermögen, doch im Centralorgan eine Art Stumpfsinn, eine seelische Farbenblindheit, beruhend auf Mangel an Vorstellungsvermögen oder an Farbengedächtniss vorkommen könne. —

Wundt, dessen Theorie der polyformen chromatischen Erregbarkeit mit der Aufstellung weniger bestimmter Arten von partieller Farbenblindheit eigentlich nicht recht zu harmoniren scheint, erklärt sich doch für die Helmholtz'sche Unterscheidung von Roth-, Grün- und Violettblindheit. Die Bevorzugung dieser Farben führt er auf die geringe Unterschiedsempfindlichkeit zurück, welche sie vor ihren Nachbarn im Spektrum auszeichnet. — Andrerseits nimmt Krenchel, dessen Theorie mit Wundt die Verwerfung der Grundfarben gemeinsam hat, eine der vielseitigen Richtungsfähigkeit seiner Moleküle entsprechende Variabilität der Farbenblindheit an. Da nun eine Drehung immer zwei Contrastfarben betrifft, so muss Krenchel neben den andren Möglichkeiten auch die Hering'sche Rothgrünblindheit und Blaugelbblindheit gelten lassen. —

Die grosse Adaptionsfähigkeit der verschiedenen Theorien, so namentlich der von Young-Helmholtz mit ihrer Hilfshypothese, macht es verständlich, dass sich alle Erschein-

ungen der Farbenblindheit auch nach allen Theorien erklären lassen. Die Schlüsse, welche man aus der Farbenblindheit auf das Wesen des Farbensinns zieht, entbehren zum grossen Theil auch deshalb einer stringenten Beweiskraft, weil die grosse Menge der Combinationsmöglichkeiten eine wirklich und vollständig genaue Bestimmung der Farbenblindheit kaum zulässt. Die Bestimmung wird immer nur eine ungefähr zutreffende sein. —

Den Vorzug der grösseren Einfachheit und leichteren Fassbarkeit in der Erklärung der Farbenblindheit hat Herings Theorie der Gegenfarben. Dieselbe findet darum auch bei den Praktikern immer mehr Anhänger, obwohl Holmgren, der Altmeister auf dem Gebiete der Farbenblindheit, noch an der Dreifarbentheorie festhält. —

VI. Entwicklung des Farbensinns.

Wie über die Farbenblindheit, so ist auch über die Entwicklung des Farbensinns in jüngster Zeit sehr viel geschrieben und gestritten worden. Biologen und Philologen, Mediziner, Psychologen und Literaten haben sich der Frage bemächtigt, die sogar in belletristischen Zeitschriften mehrfach behandelt wurde. —

Am meisten hat eine auf schriftlichen Ueberlieferungen früherer Zeiten auferbaute Theorie der historischen Entwicklung des Farbensinns von sich reden gemacht. Es ist dieselbe namentlich durch Magnus[1]) auf Grund sprachvergleichender Forschungen von Gladstone und Lazarus

[1]) Die geschichtliche Entwicklung des Farbensinns. Leipzig 1877.

Geiger vertreten worden, welche nachweisen, dass in den homerischen Schriften, in der Rigveda, der Bibel, und selbst noch bei Virgil die Unterschiede in der Lichtstärke viel feiner sich ausgedrückt finden, als die in der Farbe, und dass von den Farben wieder die lichtstarken, Roth, Gelb und Gelbgrün, zuerst eigene Ausdrücke erhalten, während die lichtschwachen, Blaugrün, Blau und Violett, sich erst viel später von der Vorstellung des dunklen losgelöst haben. Unbestreitbar ist diesen Forschungen das Verdienst zuzuschreiben, die Frage nach der Entwicklung des Farbensinns in's Leben gerufen zu haben. Die Theorie von Magnus, dass das complicirtere Farbenunterscheidungsvermögen aus der farblosen Lichtempfindung als der einfacheren Sinnesthätigkeit sich heraus entwickelt habe, ist an und für sich sehr plausibel. Das Verhalten der Netzhautperipherie, die bei mittlerer Beleuchtung farbenblind, nach den Beobachtungen von Schön, Landolt und Charpentier bei gesteigerter Intensität die Farben unterscheiden lernt, spricht auch zu ihren Gunsten. Nur die Behauptung, dass diese Entwicklung im historischen Zeitalter der Menschheit vor sich gegangen sei, erfährt die vielseitigste Anfechtung und Widerlegung.

Zuerst und namentlich hat Ernst Krause[1]) darauf hingewiesen, dass eine historische Entwicklung des Farbensinns beim Menschen durchaus nicht mit den Forderungen der allgemeinen Entwicklungsgeschichte in Einklang zu bringen sei. Der Farbensinn muss vielmehr eine in der Thierwelt sehr früh entwickelte Fähigkeit des Gesichtsorgans gewesen sein, weil die geschlechtliche Zuchtwahl Darwins einen solchen voraussetzt. Dass in den alten Sprachen viele abstrakte Farbenbezeichnungen fehlen, ist nur ein Beweis für die Unvollkommenheit der Sprache, nicht jedoch für die des Auges der Alten.

[1]) Kritik in d. Zeitschrift Kosmos. Jhrg. 1877.

Zehender[1]) macht auf die noch gegenwärtig sehr mangelhaften sprachlichen Ausdrücke für Geschmacks- und namentlich Geruchsqualitäten aufmerksam, während doch das sinnliche Unterscheidungsvermögen gut ausgebildet ist. Nach Gustav Jäger[2]) kann der Mensch als „hervorragendes Gesichtsthier" unmöglich farbenblind gewesen sein, zumal er als „Omnivore" auch auf die Nahrung von Früchten angewiesen war, und die Reife vieler Früchte sich durch blaue Färbung kundgiebt. Dor[3]) und Dümichen bringen Belege dafür, dass die Aegypter in den ältesten historischen Zeiten schon einen gut ausgebildeten Farbensinn besessen haben. Die altägyptische Malerei und Sprache hat Pigmente und Worte für Grün und Blau; selbst feinere Nüancirungen werden unterschieden und technisch verwerthet. Moses in Aegypten könne nicht farbenblind gewesen sein, eben so wenig die Griechen des homerischen Zeitalters, die als Seefahrer stete Berührung mit Aegypten hatten. Stilling[4]) sieht einen Hauptbeweis gegen Geiger und Magnus in dem Antagonismus der Farbenempfindungen, den auch Cohn[5]) als besonders schlagend in's Feld führt. Von rothen und gelben Empfindungen seien die grünen und blauen Contraste ganz untrennbar. Eine allmählige Ausbildung der Contrastempfindung durch Uebung der percipirenden Elemente sei deshalb nicht anzunehmen, weil Jeder, der Nichts von Contrasten weiss, sie doch sofort deutlich sieht, wenn man ihm die Bedingungen dazu gibt. Es sei deshalb eine innate Fähigkeit der Retina für Contrastempfindungen seit dem Bestehen des Farbensinns überhaupt anzunehmen. Magnus[6])

[1]) Zehenders klin. Monatsbl. Jahrg. 1878.

[2]) Einiges über Farben und Farbensinn. Kosmos. Jhrg. 1877.

[3]) Ophthalmol. Congress zu Heidelberg 1878.

[4]) Ueber Farbensinn und Farbenblindheit. Rede. Cassel 1878.

[5]) Studien über angeborne Farbenblindheit. Breslau 1879.

[6]) Zur Entwicklung des Farbensinns. Zehenders klin. Monatsbl. Jahrg. 1878.

hingegen meint, die Contrastempfindung wurzle lediglich im gegenwärtigen funktionellen Leben der Netzhaut und sei nur bei sehr hochentwickeltem Farbensinn möglich.

Die von Magnus wohl nur beiläufig aufgestellte Vermuthung, dass die Farbenblindheit vielleicht als Atavismus aufzufassen sei, ist, wie von allen Gegnern hervorgehoben wird, nach seiner eigenen Theorie deshalb unmöglich, weil nicht Blaublindheit, sondern vielmehr Roth- oder Rothgrünblindheit am häufigsten vorkommt.

Die Frage aber, ob man überhaupt, ganz abgesehen von der historischen Theorie, die Farbenblindheit als durch Entwicklungshemmung bedingt, auffassen dürfe, wird verschieden beantwortet.

Während Donders die Vermuthung hinwirft, dass die verschiedenen Stufen der Farbenblindheit uns vielleicht ein Bild der Entwicklung des Farbensinns geben könnten, sprechen Zehender[1]) und Schröder[2]) der angebornen Farbenblindheit deshalb, weil sie sich durch Erziehung und Unterricht nicht beseitigen lässt, jede Entwicklungsfähigkeit ab und sehen in ihr vielmehr ein Produkt der Entartung.

Die Farbenblindheit der normalen Netzhautperipherie ist dagegen, wie schon mehrfach erwähnt, nach Landolt und Charpentier entschieden entwicklungsfähig, und Schröder[2]) sieht in ihr deshalb den Rest einer physiologischen Latenz des Farbensinns, welche früher in der gesammten Netzhaut bestanden habe und aus der durch Uebung der Farbensinn erweckt, weiter entwickelt und vererbt werden könne. Nach Schröder, der sich übrigens im Allgemeinen zu Herings Theorie der Gegenfarben bekennt, hat der Mensch die Organe der Farbenempfindung von je gehabt, doch ist ihm aus früheren Zeiten, als Erbstück der thierischen Vorfahren, bei welchen sich der Farbensinn noch

[1]) Klin. Monatsbl. Jahrg. 1878.

[2]) Entwicklung des Farbensinns. Berl. klin. Wochenschrift. Jahrg. 1879.

nicht vom Lichtsinn differenzirt hatte, ein gewisser Zwang in der Sehsubstanz zurückgeblieben, auf farbige Eindrücke als Ganzes, d. h. in der früheren Weise zu reagiren, wodurch dann entweder die Contrastfarbe, oder bei gleichzeitigem Reiz beider Contrastfarben die Weissempfindung entsteht.

Unverkennbar erinnert die Schröder'sche Hypothese stark an Schopenhauers Theorie von der ganzen und getheilten Thätigkeit der Retina. — Von Herings Theorie unterscheidet sie sich insofern, als Schröder die farblose Empfindung nicht von einem gegenseitigen Aufheben, sondern vielmehr vom Zusammenwirken der farbigen antagonistischen Processe abhängig macht, so dass also die farbigen Elemente selbst die Weissempfindung geben, und nicht nur die nach ihrer Ausschaltung übrig bleibenden Elemente der schwarz-weissen Substanz.

Um die Entwicklungshypothese mit den Farbentheorien in Einklang zu bringen, muss man annehmen, dass im Anfang die Sehsubstanz nur aus einfachen, farblos reagirenden Elementen bestand. Mit dem Auftreten bestimmt farbiger Reize und in Anpassung an dieselben entwickelte sich später eine verfeinerte Reaktionsfähigkeit. Nach Young-Helmholtz, Lederer, Krenchel und Schröder wurde dieselbe allen Elementen zu Theil. Entweder zerfiel jedes Element in drei Theilsubstanzen mit verschiedener Erregbarkeit; oder es bildeten sich zwei Gruppen, deren Elemente eine Form annahmen, die sie in verschiedener Weise schwingungsfähig machte; oder die einfache Bewegungsfähigkeit wurde zu einer komplicirten; oder es differenzirten sich zwei Gruppen, deren Elemente in verschiedenem u. zw. entgegengesetztem Sinne reagirten, jedoch so, dass bei gleichzeitigem Reize in beiden Richtungen die ursprüngliche einfachere Molekularbewegung ausgelöst wurde.

Nach Hering und Wundt behielt die Mehrzahl der

Elemente die ursprüngliche einfache Reaktion, und nur eine geringere, auserlesene Zahl erfuhr die höhere Ausbildung. Nach Hering bildeten sich zwei feinere Substanzen, in denen die chemischen Molekularprocesse eine antagonistische Form annahmen, so dass sie bei gleichzeitiger Erregung sich gegenseitig aufhoben; nach Wundt erhielten die bevorzugten Stoffe eine polyforme, mit den verschiedenen Wellenlängen der Reize stetig veränderliche Reaktionsfähigkeit. Dabei ist nach Wundt noch die Möglichkeit gegeben, dass auch die farbigen Stoffe auf gewisse Gesammtreize farblos, d. h. in ihrer ursprünglichen Weise reagiren. — In der Netzhautperipherie haben die Sehstoffe noch die ursprüngliche Reaktion, doch ist die chromatische Reaktionsfähigkeit schon latent, noch unausgebildet, vorhanden.

Die totale Farbenblindheit können sämmtliche Theorien als Entwicklungshemmung auffassen. Auch für die partielle Farbenblindheit wäre eine solche Auffassung durch die Theorien an und für sich gestattet, ebenso jedoch die Annahme einer durch Ueberreizung bedingten Schwächung, beziehentlich Aenderung des Reaktionsvermögens für bestimmte Farben.

Ueber die Reihenfolge in der Entwicklung der farbigen Substanzen vermuthet Stilling, dass sich zuerst die blaugelbe und erst später die roth-grüne Substanz differenzirt habe, da die roth-grüne Empfindung einer gesteigerten physiologischen Thätigkeit entspreche. Zwar sei die Sprache zuerst auf die auffallendsten und am meisten reizenden Farbentöne, Roth und Gelb, aufmerksam geworden; die Blauempfindung könne jedoch dabei schon lange bestanden haben. — Die grössere räumliche Verbreitung der Blaugelbempfindung in der Netzhaut würde auf einen derartigen Entwicklungsgang hindeuten, und scheint es, als ob Stilling geneigt sei, in Anbetracht der Häufigkeit der Rothgrünblindheit und des noch nicht gelieferten Nachweises einer isolir-

ten Blaugelbblindheit, die angeborne Farbenblindheit als Entwicklungshemmung aufzufassen. —

Die in letzter Zeit von den verschiedensten Seiten angestellten Beobachtungen an Naturvölkern haben das einstimmige Resultat ergeben, dass überall ein Farbensinn nachweisbar, und dass die Farbenblindheit durchaus nicht häufiger, sondern eher seltener ist, als bei den Culturvölkern. Die sprachlichen Ausdrücke für die Farben sind jedoch allenthalben mehr oder weniger unvollständig, namentlich in dem Sinne, dass der Lichtstärke eine viel grössere Aufmerksamkeit gezeigt wird, als dem Farbenton.

Magnus[1]) gibt in Folge dessen selbst zu, dass die Ableitung einer historischen Farbenblindheit aus sprachlichen Argumenten nicht berechtigt gewesen sei. Die Thatsache jedoch, dass die ungenügende Farbenterminologie so auffallend häufig eine gesetzmässige Form zeigt, dass in der Regel die Bezeichnungen für die kurzwelligen Farben fehlen oder mangelhaft sind, dass die sprachliche Vereinigung zweier Farben zu einem Ausdruck meist die im Spektrum benachbarten Farben betrifft, lässt ihn den Schluss ziehen, dass die Farbennomenklatur doch in einem gewissen Zusammenhang mit der Empfindung stehe, insofern sie uns die von früheren Entwicklungszuständen hinterlassenen Spuren zeigt.

Magnus glaubt deshalb, dass man dem Farbensinn des Menschen immerhin eine gewisse Weiterentwicklung zugestehen müsse, so hoch entwickelt, wie er jetzt ist, könne er nicht schon von den thierischen Vorfahren fertig hinterlassen worden sein.

Krause[1]) will nun die Gesetzmässigkeit in der ungenügenden Sprachentwicklung lediglich von der grösseren Leichtigkeit abgeleitet wissen, mit welcher gewisse Pigmente gefunden und angewendet wurden. — Doch wird man bei

[1]) Der Farbensinn der Naturvölker. Jena 1880.

[1]) Referat in d. Zeitschr. Kosmos. Jahrg. 1880.

aller Würdigung des bestimmenden Einflusses, den die Farbstoffe auf die Sprache ausgeübt haben, doch nicht umhin können, auch den Entwicklungszustand der Empfindung mit in Rechnung zu ziehen.

Namentlich wird man die auch von Kirchhoff bei den Nubiern beobachtete Gleichgültigkeit gegen Farbenunterschiede auf eine Art centralen Stumpfsinn's zurückführen können, bedingt durch mangelhafte Uebung der die Empfindungen zu Vorstellungen verknüpfenden Verbindungswege. Auch die peripheren Organe der Farbenempfindung, wenn sie gleich schon in der ersten Generation des Menschengeschlechtes vorhanden und funktionstüchtig waren, werden doch wohl im langen Laufe der Zeiten noch eine gewisse Verfeinerung ihrer Reaktionsfähigkeit in der einen oder der anderen Richtung erfahren haben.

Schon oben wurde es als ein Postulat der Evolutionstheorie hingestellt, dass der Mensch die Fähigheit der Farbenempfindung von seinen thierischen Vorfahren ererbt habe, da bei diesen der Farbensinn nothwendig vorausgesetzt werden müsse.

Grant Allen[1]) bringt die mannigfachsten und interessantesten Belege, welche die Berechtigung einer solchen Voraussetzung beweisen sollen.

Der Gang der Entwicklung des Farbensinns im Thierreiche ist nach ihm und seinen Gewährsmännern etwa folgender:

In der paläozoischen Periode begann nach der Entwicklung der Ortsbewegung Hand in Hand mit der weiteren Ausbildung des excitomotorischen Apparates die Entwicklung des Sehorgans von der einfachen Helligkeitsempfindung bis zur Unterscheidung der Raumgrössen.

Eine Differenzirung des Farbensinns aus dem Lichtsinn

[1]) Der Farbensinn. Sein Ursprung und seine Entwicklung. Deutsche Ausgabe. Leipzig 1880.

ward nur den in hohem Grade aktiven Thieren zu Theil, so zunächst den Insekten. Seine Entwicklung war bedingt durch besonders auffällig und rein auftretende Färbung der Objekte, deren Unterscheidung im Kampfe um's Dasein einen Vorzug gewähren konnte.

In der ursprünglichen Monotonie einer fast ausschliesslichen nur mit wenigen einfarbigen Blüthenpflanzen untermischten Kryptogamenflora bildeten sich allmählig farbige Säfte und Pigmente aus. — In der Folge bekamen auch manche Blüthen auffallendere Färbung, und derartig ausgezeichnete Pflanzen wurden von den die Befruchtung vermittelnden Insekten bevorzugt und so die buntfarbigen Arten durch Auslese immer schöner und reiner entwickelt. Der auf solche Weise im Insektenauge ausgebildete Farbensinn führte in der Folge auch zur Züchtung buntfarbiger Insektenarten. Dass die Insekten gegenwärtig einen wohl ausgebildeten Farbensinn besitzen, wird durch Experimente von S. John Lubbock und Beobachtungen von Herm. Müller[1]) sehr wahrscheinlich gemacht. Letzterer Forscher hat auch die fortschrittliche Entwicklung der Blumenfarben durch Züchtung bestätigt.

Die Fähigkeit gewisser Thiere, wie der wirbellosen Chamäleongarneele, mehrerer Plattfische und des Chamäleon, ihre Färbung zu ändern, sie der Farbe des Untergrundes gewissermassen anzupassen, ist ein Beleg für den Farbensinn dieser Thiere, und wird damit auch bei ihren Feinden, denen sie durch derartige „Mimikry" entgehen wollen, ein Farbensinn vorausgesetzt. — Die Vorliebe vieler Fische für bunte Köder, der Frösche für bestimmte Farben, namentlich Grün, wird ebenfalls betont, und den Vögeln legt Grant Allen einen ganz vorzüglich entwickelten Farbensinn bei. Vögel und fruchtfressende Säugethiere stehen zu den Früch-

[1]) Zur Entwicklung der Blumen. Kosmos. Jahrg. 1880.

ten, was Farbensinn und Färbung anbelangt, in ganz demselben Verhältniss einer gegenseitigen Steigerung, wie die Insekten zu den Blumen. Dass sich bei den Herbivoren und Carnivoren unter den Säugethieren keine auffallende Vorliebe für Farben und eben so wenig bunte Färbung in der Bekleidung findet, wird auf die eintönige Färbung der Nahrung zurückgeführt; an dem Vorhandensein eines ererbten Farbensinns ist jedoch kaum zu zweifeln.

Der omnivore Mensch zeigt eine Ausbildung des Farbensinns in ganz besonderer Richtung, indem er ein ästhetisches, uneigennütziges Wohlgefallen an der Farbe kund gibt, deren Erkennung ihm weder zum Nahrungserwerb noch in der geschlechtlichen Auslese von besonderem Vortheil ist. Wallace wollte darin einen principiellen und radikalen Unterschied in der Empfindung des Menschen von der der Thiere sehen, welche gegen jede Verwandtschaft Beider spreche.

Bei Wundt[1]) finden wir nun eine Darstellung, wie sich die ästhetische Empfindung aus der einfach sinnlichen heraus entwickelt habe:

Als regelmässige Eigenschaft jeder Empfindung ist der „Gefühlston" vorauszusetzen. Gefühlsfreie Empfindungen gibt es nicht, wohl aber solche, die sich im „Indifferenzpunkt der Gefühle" befinden. Das Gefühl ist die Grundlage des Selbstbewusstseins und des Willens, daher die primitiven Gefühle sich als „Lust" und „Unlust" äussern.

Die primitiven Gefühle sind von der Intensität des Reizes abhängig und deshalb bei den rein intensiven Sinnen am stärksten entwickelt. Wo sich jedoch eine polyforme Reaktionsfähigkeit herausgebildet hat, und nun die qualitative Erregung vor der intensiven bevorzugt wird, wie bei den höheren Sinnen, da ist die Möglichkeit zur Emancipirung von den Gegensätzen der einfach sinnlichen Lust und Un-

[1]) Grundzüge der physiolog. Psychologie. II. Aufl. Leipzig 1880.

lust, und damit der Anfang zur Ausbildung der ästhetischen Gefühle gegeben.

Die Association mit geläufigen Vorstellungen und die Herbeiziehung von Analogien disparater Sinne rufen Verstärkungen der Gefühle hervor, die namentlich für deren ästhetische Wirkung von der höchsten Bedeutung sind.

Speciell für den Farbensinn gibt Grant Allen eine sehr anschauliche und leicht fassliche Darlegung, gestützt auf vergleichende Naturbeobachtung, wie sich die ästhetische Richtung desselben entwickelt haben könne. Auch Grant Allen geht von dem „Lustgefühl" aus, welches in jedem wohl funktionirenden Empfindungsorgan durch eine mässige Reizung ausgelöst wird. Im farbentüchtigen Sehorgan zeigt sich das Lustgefühl als Wohlgefallen an der Farbe. Die Unterscheidung auffallender, von der Umgebung abstechender Farben wird am besten geübt, und bald nicht nur mehr zu Zwecken der Ernährung und Fortpflanzung, sondern auch in anderer Weise verwerthet, die keine direkte Beziehung zum Dasein des Individuums oder der Art hat. Nicht nur das Kind und der Naturmensch erfreuen sich an glänzenden, lichtreichen Farben, suchen sich derselben zu bemächtigen, um damit zu spielen oder sich zu schmücken; beim Colibri, den Laubenvögeln und manchen Affen finden wir denselben Trieb, der sich bei den erwähnten Vögeln sogar schon auf Ausschmückung ihrer Wohnung erstreckt. Das Bemalen des Körpers, das Tragen bunter Kleidung, das Anbringen farbiger Verzierungen an und in den Wohnungen, kann, obwohl es nicht mehr in direkter Beziehung zur Selbsterhaltung steht, dennoch durch einen gewissen Eigennutz, durch die Sucht aufzufallen und bevorzugt zu werden, motivirt sein. Höher steht schon das Wohlgefallen an Blumengärten und Gemälden, die Verwerthung und Ausbildung der Farbentechnik im Dienste der Fürsten und der Religionen. Und doch haben sich diese höheren Gefühlsrichtungen un-

verkennbar aus den niederen heraus entwickelt. Ganz selbstlos und deshalb rein ästhetisch ist endlich die Freude, welche der Mensch an der Farbenpracht der Wälder, des Meeres, des Regenbogens und des Abendhimmels bei Sonnenuntergang empfindet.

Für die Reihenfolge in der Bevorzugung einzelner Farben gilt das allgemeine Gesetz, dass auffallende von der Umgebung sich scharf abhebende Farben am liebsten gesehen werden. Nicht nur das Kind und der Wilde, auch die grosse Menge eines Kulturvolkes bevorzugt die grellen Farben: Gelb, Orange und Roth. Nächstdem erfreut sich Blau einer gewissen Beliebtheit und zwar spielt nach Grant Allen ausser dem Lichtreichthum von Roth und Gelb, dem verhältnissmässig selteneren Vorkommen des Blau, bei den genannten Farben auch das erbliche Moment mit, da schon unsere thierischen Vorfahren sich an rothen, gelben und blauen Früchten erfreuten. Die grüne Farbe liebt nur der Culturmensch, dem sie etwas Ungewöhnliches geworden, und die Vorliebe für matte, lichtschwache und unbestimmte Farbentöne ist ein Produkt der Uebersättigung an reinen und grellen Farben, ebenfalls aus der Sucht nach dem nicht Gewöhnlichen entsprungen. — —

Für die physiologische Erklärung der Farbenempfindung finden wir auch in der Entwicklungstheorie keinen bestimmten Anhalt, abgesehen von dem wohl unbestrittenen Grundsatze, dass die Farbenempfindung sich aus der Lichtempfindung heraus entwickelt hat.

Dennoch kann man den Entwicklungshypothesen eine gewisse Bedeutung nicht absprechen; wenigstens regen sie zu Fragen an, deren weitere Verfolgung gewiss wissenschaftliche Resultate zeitigen wird. — Es scheint in der That eine Evolution vom Niederen zum Höheren, nicht nur auf dem Gebiete der einfach sinnlichen Funktionen, sondern auch in der psychischen Sphäre stattzufinden. In diesem Falle hat

sich aus dem einfach Sinnlichen, Materiellen, Egoistischen das Aesthetische, Ideale, mehr Selbstlose entwickelt. Mit der Aussicht auf ein grosses, unendliches Gebiet der Weiterentwicklung erschliesst sich uns auch das Gefühl der Verpflichtung, nach Kräften an unserer ethischen Ausbildung fort zu arbeiten.